



**ПЕРМСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**  
Классика будущего



2017  
ГОД ЭКОЛОГИИ  
В РОССИИ



**ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ИНСТИТУТ ПГНИУ**

**КАМСКОЕ БАССЕЙНОВОЕ ВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
АГЕНТСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РФ**

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ, ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И  
ЭКОЛОГИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ПАО «УРАЛКАЛИЙ»**

**АО «СОЛИКАМСКБУМПРОМ»**

**ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ЦЕНТРА**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ**

**Программа VI Международной научно-практической  
конференции**

(29 мая – 1 июня 2017 г., г. Пермь)

**Научная программа конференции**  
**29 МАЯ, ПОНЕДЕЛЬНИК**  
**ЗАЛ ЗАСЕДАНИЙ УЧЕНОГО СОВЕТА,**  
**Корпус 1, конференц-зал, 2 этаж**

**ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО**

*Двинских Светлана Александровна*, председатель оргкомитета, профессор, зав. кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ, г. Пермь

*Решетников Максим Геннадьевич*, врио Губернатора Пермского края

*Макарихин Игорь Юрьевич*, ректор Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь

*Долганова Инга Георгиевна*, и.о. руководителя Камского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов, г. Пермь

*Азанов Андрей Юрьевич*, руководитель Управления Росприроднадзора по Пермскому краю, г. Пермь

*Черемушкин Константин Михайлович*, министр природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, г. Пермь

*Селезнев Станислав Сергеевич*, директор по ОТ, ПБ и ООС ПАО «Уралкалий», г. Березники

*Зырянов Александр Иванович*, декан географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь

**ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

**Председатель – д-р геогр. наук, проф. Двинских Светлана Александровна**  
(Пермский государственный национальный исследовательский университет)

**Сопредседатель – д-р геогр. наук, проф. Лепихин Анатолий Павлович**  
(Пермский федеральный исследовательский центр, г. Пермь)

**Секретарь – канд. геогр. наук, доц. Клименко Дмитрий Евгеньевич**  
(Пермский государственный национальный исследовательский университет)

**Зал заседаний Ученого совета ПГНИУ, регламент доклада – 15 минут**

10.30-10.45 ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВЕННОГО РЕЖИМА  
ОЗЕРА БАЙКАЛ

**Болгов Михаил Васильевич**

*д-р техн. наук, зав. лабораторией моделирования поверхностных вод Института водных проблем РАН, г. Москва*

10.45-11.00 ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ  
РЕАЛИЗАЦИИ МЕР ПО ОХРАНЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА  
ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

**Лопатина Ирина Игоревна**

*и.о. начальника управления водных ресурсов Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, г. Пермь*

11.00-11.15 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ  
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И РЕГЛАМЕНТАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ  
ВОЗДЕЙСТВИЙ

**Веницианов Евгений Викторович**

*д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. лабораторией охраны вод Института водных проблем РАН, г. Москва*

11.15-11.30 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВЫХ  
ПРОЦЕССОВ НА УЧАСТКЕ КРУПНОГО ДОЛИННОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОГО  
ПОДПОРА

**Докладчик: Зиновьев Александр Тимофеевич**

*д-р техн. наук, зав. лабораторией гидрологии и геоинформатики Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, г. Барнаул*

11.30-11.45 ОТКЛИК ЭКОСИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ И КАМЫ  
НА ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА: КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ И  
ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОБИОНТОВ

**Докладчик: Лазарева Валентина Ивановна**

*д-р биол. наук, главный научный сотрудник Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок*

11.45-12.00 СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА МАЛЫЕ РЕКИ  
БЕРЕЗНИКОВСКО-СОЛИКАМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО  
УЗЛА

**Селезнев Станислав Сергеевич**

*директор по охране труда, производственной безопасности и охране окружающей среды ПАО «Уралкалий», г. Соликамск*

12.00-12.30 Кофе-брейк

12.30-12.45 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ КАК НОВАЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ВОДОХРАНИЛИЩ

**Докладчик: Любимова Татьяна Петровна**

*д-р ф.-м. наук, профессор, зав. лабораторией вычислительной гидродинамики Пермского федерального исследовательского центра, г. Пермь*

- 12.45-13.00 ТРАДИЦИОННЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ СТЕРЕОТИПЫ И  
СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛЬНОСТИ  
Докладчик: **Лепихин Анатолий Павлович**  
*д-р геогр. наук, профессор, зав. лабораторией проблем гидрологии  
суши Пермского федерального исследовательского центра, г.  
Пермь*
- 13.00-13.15 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СКИОВО  
Двинских Светлана Александровна  
*д-р геогр. наук, профессор, зав. кафедрой гидрологии и охраны  
водных ресурсов Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*
- 13.15-13.30 ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В  
УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
Докладчик: **Чердниченко Александр Владимирович**  
*д-р геогр. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Научно-  
исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии  
КазНУ им. аль – Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан*
- 13.30-13.45 СТРУКТУРА ПЛАНКТО- И БЕНТОЗООЦЕНОЗОВ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ВОТКИНСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЯ В МНОГОЛЕТНЕМ  
АСПЕКТЕ  
Докладчик: **Алексеевнина Маргарита Степановна**  
*канд. биол. наук, профессор кафедры зоологии беспозвоночных и  
водной экологии Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*
- 13.45-14.00 СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТОЧНЫХ ВОД  
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ВОДНЫЕ  
ОБЪЕКТЫ  
Докладчик: **Рудакова Лариса Васильевна**  
*д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой охраны окружающей  
среды Пермского национального исследовательского  
политехнического университета, г. Пермь*

## СЕКЦИОННЫЕ ЗАСЕДАНИЯ

30 мая 2017 г.

Конференц-зал санатория-профилактория ПАО «Уралкалий»

### СЕКЦИЯ 1

#### ГИДРО- И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Председатель – д-р геогр. наук, проф. Лепихин Анатолий Павлович  
(Горный Институт УрО ПФЦ, г. Пермь)

Сопредседатель – д-р техн. наук, Зиновьев Александр Тимофеевич  
(Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул)

Секретарь – канд. техн. наук, доцент Алферов Иван Николаевич  
(Оренбургский государственный университет, г. Оренбург)

Регламент доклада – 10 минут

- 9.30-9.40 ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
ЗАДАЧ ПРОГНОЗА НАВОДНЕНИЙ НА КРУПНЫХ РЕКАХ  
СИБИРИ  
Докладчик: **Балдаков Никита Анатольевич**  
*аспирант Института водных и экологических проблем  
Сибирского отделения РАН, г. Барнаул*
- 9.45-9.55 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЛИВОВ И УСТЬЕВЫХ АБРАЗИОННО-  
АККУМУЛЯТИВНЫХ ПЕРЕСЫПЕЙ ВОЛГОГРАДСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА  
Докладчик: **Баранова Мария Сергеевна**  
*ассистент кафедры природопользования Волжского  
гуманитарного института (филиала Волгоградского  
государственного университета), г. Волжский*
- 10.00-10.10 МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ  
МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАВНИННЫХ  
ВОДОХРАНИЛИЩ  
Докладчик: **Белобородов Александр Валерьевич**  
*ассистент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*
- 10.15-10.25 КОРРЕКТНОСТЬ ЗАДАНИЯ СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПРИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
РАСЧЕТАХ (НА ПРИМЕРЕ РЕК КАМСКОГО БАССЕЙНА)  
**Возняк Анна Анатольевна**  
*канд. геогр. наук, доцент кафедры гидрологии и охраны водных  
ресурсов Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь*



# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ**

**Том I**

Гидро- и геодинамические процессы.  
Управление водными ресурсами



Пермь 2017



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Поддубный С.А., Китаев А.Б.</i> Людей связующая нить .....	4
<i>Клименко Д.Е.</i> История развития отечественной гидрологии через биографии ученых .....	9
<b>ГИДРО- И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ</b>	
<i>Балдаков Н.А., Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В.</i> Геоинформационное обеспечение для решения задач прогноза наводнений на крупных реках Сибири .....	12
<i>Баранова М.С., Филиппов О.В., Кочеткова А.И.</i> Исследование заливов и устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей Волгоградского водохранилища .....	17
<i>Белобородов А.В., Березина О.А.</i> Методические аспекты изучения морфометрических параметров равнинных водохранилищ .....	22
<i>Будник С.В.</i> Водные ресурсы и природопользование в условиях изменений климата .....	27
<i>Возняк А.А.</i> Корректность задания стоковых характеристик при гидрологических и водохозяйственных расчетах (на примере рек Камского бассейна) .....	32
<i>Галахов В.П., Легачева Н.М., Рудыка И.Ю.</i> Средние многолетние осадки бассейна реки Абакан .....	38
<i>Грицук И.И., Замятина Э.В., Долгополова Е.Н., Масликова О.Я.</i> Лабораторное исследование размывов береговых склонов водных объектов и образования ниш вымывания в условиях, имитирующих криолитозону .....	41
<i>Девинских С.А., Шайдулина А.А.</i> Применение системного подхода к оценке условий трансформации котловины Камского водохранилища в районе переменного подпора .....	46
<i>Дмитриева В.А.</i> Преобразования русловой сети в контексте современных изменений водного режима в верховье Дона .....	51
<i>Донцов А.А., Суторихин И.А.</i> ГИС-технологии и данные дистанционного зондирования земли в задачах регистрации гидрологических параметров внутриконтинентальных водных объектов .....	56
<i>Дубняк С.С.</i> Эколого-гидроморфологический подход к обоснованию водоохраных зон равнинных водохранилищ .....	60
<i>Законнов В.В.</i> Течения и их роль в формировании наносов .....	65
<i>Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В., Шайдулина А.А.</i> Математическое моделирование русловых процессов на участке крупного долинного водохранилища в условиях переменного подпора .....	69

<i>Калинин В.Г., Суманеева К.И.</i> Оценка влияния основных факторов на формирование стока весеннего половодья .....	73
<i>Клименко Д.Е.</i> Основные закономерности временного хода паводкоформирующих дождей Урала .....	79
<i>Красногорская Н.Н., Нафикова Э.В., Белозёрова Е.А., Кинзягулова Р.Я.</i> Пространственное прогнозирование расходов рек с применением методов геостатистики .....	84
<i>Лепихин А.П., Любимова Т.П.</i> Традиционные гидрологические стереотипы и современные реальности .....	89
<i>Любимова Т.П., Лепихин А.П.</i> Вычислительные эксперименты как новая технология в исследовании водохранилищ .....	94
<i>Магрицкий Д.В.</i> Аспекты влияния эксплуатации виллойских водохранилищ на гидрологический режим среднего и нижнего Вилюя .....	99
<i>Мадибеков А.С., Медеу А.А., Мусакулкызы А.</i> Концептуальные основы разработки атласа озер Казахстана .....	104
<i>Маргарян В.Г.</i> Динамика летне-осеннего меженного стока впадающих в Арпиличское водохранилище малых рек в контексте глобального изменения климата .....	111
<i>Масликова О.Я.</i> Термозрозия берегов северных водоемов .....	116
<i>Микаутадзе Д.К., Квабзиридзе М.Н.</i> Изучение экстремальных явлений на реках Грузии и причины увеличения их повторяемости .....	120
<i>Назаров Н.Н.</i> Сходства и различия процессов седиментации древних приледниковых озер и современных водохранилищ .....	124
<i>Новикова Н.М.</i> Обоснование границы водоохранной зоны водохранилища на основании концепции блоковой организации экотонной системы «вода-суша» .....	129
<i>Носелидзе Д.В., Момцемлидзе Ш.А., Носелидзе Г.Д.</i> Заиление водохранилища Варцихской ГЭС и методы борьбы .....	133
<i>Поморцева А.А.</i> Влияние водохранилища на характеристики влажности полей облачности .....	138
<i>Потахин М.С., Зобков М.Б., Гурбич В.А.</i> Разработка и применение цифровой модели рельефа котловины и водосбора Онежского озера ...	140
<i>Тиунов А.А.</i> Разработка гидродинамической модели русловых процессов (на примере р. Сылва в районе с. Посад и Усть-Кишерть) ...	145
<i>Чередниченко Александр В., Чередниченко Алексей В., Чередниченко В.С., Абдрахимов Р.Г.</i> Поверхностный сток Республики Казахстан в условиях неопределенности изменения климата .....	151
<i>Черепанова Е.С., Клименко Д.Е., Каракулов А.Ю.</i> Геоинформационное картографирование характеристик годового стока на территории Пермского края .....	158

## SURFACE RUNOFF OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

The dynamics of surface runoff in Kazakhstan under the impact of climate change temperature and precipitation. It is shown that in the absence of synchrony and coherence in the changes in temperature and precipitation for the forecast of climatic changes in surface runoff throughout the territory of the Republic is impossible, necessary to analyze the climatic changes and the dynamics of runoff for each basin separately.

*Keywords:* climate change, runoff, runoff sensitivity to climate change, scenario runoff changes in the future

### Введение

Республика Казахстан расположена в центре Евразийского материка и занимает весомое место в мире по площади своей территории (около 2,72 млн км<sup>2</sup>) и является беднейшей по водным запасам среди стран СНГ. Причиной этого является значительная удалённость территории от океанов, в первую очередь от Атлантического (более 5000 км), и особенности общей циркуляции атмосферы, способствующие выносу сухого тропического воздуха в течение тёплой части года и влиянию Сибирского антициклона – в зимний период, тоже не способствующего облако- и осадкообразованию [1].

Общий средний многолетний поверхностный сток составляет 100,5 км<sup>3</sup>. Из них только 56,5 км<sup>3</sup> формируются на территории Республики, а остальные 44 км<sup>3</sup> поступают из сопредельных территорий: из Китая 18,9 км<sup>3</sup>, из Узбекистана 14,6 км<sup>3</sup>, Киргизии 3,0 км<sup>3</sup>, из России 7,5 км<sup>3</sup> [2;3]. Межгодовая изменчивость поверхностного стока велика. Она в многоводные годы может быть в два раза выше нормы, а в маловодные в три раза ниже нормы.

Отсюда видно, что оценка возможного изменения стока на ближайшие десятилетия на территории республики в связи с изменением климата очень важна. Этой проблеме и посвящено наше исследование.

Представлялось наиболее целесообразным придерживаться следующего порядка исследований:

- на примере бассейна р.Урал выполнить анализ климатических колебаний временных рядов температуры и осадков в течение прошлого века и оценить чувствительность поверхностного стока к таким колебаниям, найти соответствующие количественные связи;

- затем построить сценарий климатических изменений температуры и осадков на ближайшие десятилетия для бассейна реки Урал, как предлагаемый пример аналогичных расчётов для других бассейнов;

- далее, построить сценарии изменения температуры и осадков для всей территории республики;

- оценить в принципе возможность прогнозирования поверхностного стока по всей территории Казахстана;

- на основе ожидаемых климатических изменений температуры и осадков сделать общие выводы относительно динамики поверхностного стока под влиянием климатических изменений.

**Исходные данные.** В работе использованы, прежде всего, официальные данные Национальной гидрометеорологической службы Казахстана о средних месячных температурах и количестве осадков по станциям Казахстана в течение двадцатого века и по настоящее время. В целом же при изучении проблемы, кроме казахстанских, были использованы также данные по югу западной Сибири и Южного Урала. Все исходные данные прошли строгий технический и критический контроль. Использовались также данные нескольких экспедиционных исследований, выполненных в бассейне р. Урал на территории Казахстана, и любезно нам предоставленные.

**Методы исследований.** При изучении временной динамики температуры и осадков мы аппроксимировали наши ряды полиномом шестой степени, который с одной стороны хорошо сглаживает временной ряд, сохраняя, однако, климатические экстремумы, а с другой полином достаточно чутко реагирует на изменение знака динамики всего за несколько лет. Одновременно с аппроксимацией временного ряда полиномом шестой степени мы широко использовали гармонический анализ рядов, который, как известно, подразумевает разложение исходного временного ряда на тригонометрические функции [4].

**Результаты исследований в бассейне реки Урал.** Результаты исследований динамики стока и изменения климата в бассейне р.Урал изложены нами в [5-8]. Кроме того, они изложены в материалах IV Международной конференции «Современные проблемы водохранилищ и водосборов». Поэтому здесь мы ограничимся только ожидаемым прогнозом по бассейну – основными моментами анализа и результатами.

*Ожидаемые изменения температуры, осадков и стока р. Урал на перспективу*

**Температура.** Анализируя временной ход гармоник температуры, на основе данных содержащихся в [11], можно видеть, что, начиная с 2005-2006 гг., 38- и 23-летняя гармоники, достигнув максимума, начали уменьшаться по амплитуде. Их минимум ожидается через 11-19 лет, т.е. с 2016 по 2024 г. Следовательно, примерно до 2016 г. снижение температуры будет происходить довольно быстро под воздействием двух гармоник, а затем, до 2024 г., под воздействием только одной 38-летней гармоники.

Общее снижение температуры составит примерно 2,1°C, т.е. оно будет равно сумме амплитуд двух гармоник. Восьмилетняя гармоника имела максимум в 2013 г., после чего её амплитуда уменьшается до минимума в 2017 г. однако амплитуда этой гармоники не превышает 0,41°C и её вклад во временной ход температуры будет слабым. Температурный фон в районе водосбора через 15-25 лет будет ниже современного и потери влаги на испарение тоже будут ниже современных.

**Осадки.** В следующем десятилетии следует ожидать роста количества осадков на 50 мм за счёт роста основной 38-летней гармоники, который начнётся в начале третьего десятилетия. Сравнивая амплитуды гармоник и время наступления экстремумов, не трудно найти, что снижение осадков в текущем и



Вятки в среднем течении: постановка задачи, результаты расчетов. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 3. С. 16-32.

2. Летихин А.П., Перепелица Д.И., Тиунов А.А. Анализ и обоснование возможных схем защиты г. Кунгура от наводнений // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2007. № 2. С. 80-94.

3. Летихин А.П., Тиунов А.А. Разработка гидродинамической модели для прогнозирования развития и распространения зон загрязнения в бассейне р. Амур // Управление водно-ресурсными системами в экстремальных условиях: сб. докл. междунар. конф. М., 2008.

4. Тиунов А.А. Разработка гидродинамической модели и модели распространения загрязнений Клязьминского водохранилища // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. научных трудов. Пермь: ГИ УрО РАН. 2013. Вып. 11.

5. Летихин А.П., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Тиунов А.А. К проблеме отведения избыточных рассолов предприятиями калийной промышленности в водные объекты // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2010. № 3. С. 57-74.

6. Любимова Т.П., Летихин А.П., Паршакова Я.Н., Тиунов А.А. Численное моделирование разбавления и переноса высокоминерализованных рассолов в турбулентных потоках // Вычислительная механика сплошных сред = Computational Continuum Mechanics. 2010. Т. 3. № 4. С. 68-79.

7. Летихин А.П., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Тиунов А.А. Комбинированный подход к описанию плотностных эффектов разбавления и переноса высокоминерализованных рассолов в водных объектах // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2011. № 5. С. 130-134.

8. Летихин А.П., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Тиунов А.А. К проблеме утилизации избыточных рассолов предприятиями калийной промышленности в водные объекты // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2012. № 2. С. 185-193.

9. Летихин А.П., Ляхин Ю.С., Тиунов А.А., Дробный О.Ф., Вахромеев И.Е. Отработка возможных схем снижения воздействия ОАО "МКК" на Магнитогорское водохранилище на основе вычислительных экспериментов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 4.

10. Lyubimova T., Lepikhin A., Konovalov V., Parshakova Ya., Tiunov A. Formation of the density currents in the zone of confluence of two rivers // Journal of Hydrology. Vol. 508, 16 January 2014, P.328-342.

11. Lyubimova T., Parshakova Ya., Konovalov V., Shumilova N., Lepikhin A., Tiunov A. Numerical modelling of admixture transport in a turbulent flow at river confluence // Journal of Physics: Conference Series. 2013. Т. 416. № 1. С. 012028.

12. Богомолов А.В., Летихин А.П., Тиунов А.А. Использование численных гидродинамических моделей для оценки эффективности проектных решений по защите берегов (на примере реки Дон в районе города Павловска). // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. №1. С. 50-57.

13. Летихин А.П., Любимова Т.П., Лепешкин С.А., Тиунов А.А., Паршакова Я.Н., Перепелица Д.И. К проблеме оценки последствий крупномасштабной добычи нерудных строительных материалов на поверхностные водные объекты // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 3. С. 108-119.

14. Lepikhin A.P., Tiunov A.A., Lyubimova T.P., Parshakova Ya.N. Discharge of excess brine into water bodies at potash industry works // Journal of Mining Science. 2012. Т. 48. № 2. С. 390-397.

15. Lyubimova T., Lepikhin A., Parshakova Ya., Tiunov A. Effect of flooding waves on a removal of pollutants from underwater quarries. // EGU General Assembly 2013. Geophysical Research Abstracts. Vol. 15, 2013, P.13577.

16. Berger R.C., Tate J.N., Brown G.L., Savant G. "User Manual for ADH Version 4.31", July 22, 2013. [https://adh.usace.army.mil/].

17. Van Rijn, L.C., 1984a. Sediment Transport, Part I: Bed Load Transport. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 10.

18. Van Rijn, L.C., 1984b. Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 11.

УДК 551.5.583.582.556

Александр В.Чердниченко, Алексей В.Чердниченко, В.С.Чердниченко,  
Р.Г. Абдрахимов, [geliograf@mail.ru](mailto:geliograf@mail.ru)

Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии  
КазНУ им. аль Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

## ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Проанализирована динамика поверхностного стока в Казахстане под влиянием климатических изменений температуры и осадков. Показано, что в связи с отсутствием синхронности и согласованности в изменениях температуры и осадков по территории прогноз климатических изменений поверхностного стока по всей территории Республики невозможен, необходим анализ климатических изменений и динамики стока для каждого бассейна в отдельности.

Ключевые слова: изменение климата, поверхностный сток, чувствительность стока к климатическим изменениям, сценарий изменения стока на перспективу.

Alexander V. Cherednichenko, Aleksey V. Cherednichenko,  
V. S. Cherednichenko, R. G. Abdrakhimov, [geliograf@mail.ru](mailto:geliograf@mail.ru)  
Scientific research Institute of problems of biology and biotechnology,  
KazNU al Farabi, Almaty, The Republic of Kazakhstan

© Чердниченко Александр В., Чердниченко Алексей В., Чердниченко В.С., Абдрахимов Р.Г., 2017  
Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант 0493/GF-4 (Изменение климата в Казахстане и его влияние на сток, экологические системы и сельскохозяйственную деятельность)

следующем десятилетии составит около 25 мм. После 2030 г. количество осадков начнёт возрастать. Согласно расчётам в следующем, третьем, десятилетии ожидается рост количества осадков в восточной части водосбора на 25-30 мм и в западной – на 40-50 мм при пониженном по сравнению с настоящим периодом температурном фоне. В результате сток р. Урал должен увеличиться.

*Сценарий ожидаемых изменений температуры и осадков на период до 2050 г.* Проблема достаточно обстоятельно изложена в работе одного из соавторов [7]. Ограничимся, поэтому только изложением результата построения сценариев.

*Сценарий ожидаемых изменений температуры.* По результатам гармонического анализа временных рядов температуры и осадков по станциям Казахстана выделены наиболее значимые по амплитуде гармоник с периодом, превышающим 10 лет, и на их основе построены сценарии изменения температуры и осадков к 2050 г. Температура к тому времени понизится практически на всей территории на 1,1-3,0<sup>0</sup>С, опустившись до уровня шестидесятых годов XIX в.

Используя информацию, содержащуюся в нашей [9], мы выполнили такие расчеты на основе гармонического анализа в предположении, что обнаруженные во временных рядах температуры и осадков основные гармоник сохраняются.

На рис. 1 представлена карта пространственного распределения средних годовых величин температуры (числитель) и ожидаемой величины изменения средней годовой температуры, с момента начала похолодания, т.е. примерно за 40 лет (знаменатель). Она построена по методике [10], в основе которой лежит предположение, что имеющие место гармоник сохраняются и в будущем.

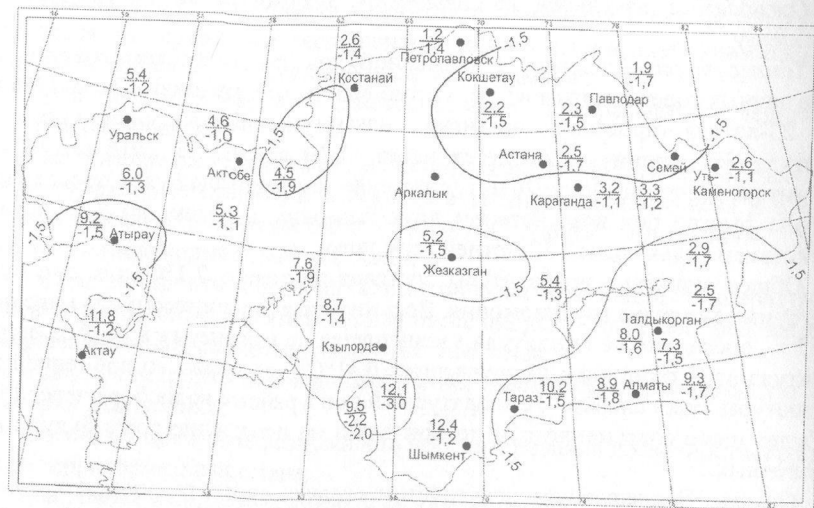


Рис. 1. Сценарий изменения поля температуры по территории Казахстана к 2050 г.

Можно видеть, что на всей территории Республики температуры понизятся. Средние годовые температуры воздуха к 2050 г. опустятся до нормы, рассчитанной за период наблюдений, предшествующий росту температур в конце XX века. Из [7] следует важный для прогноза вывод, что экстремумы температуры и осадков по территории Республики между собою не связаны ни временем наступления ни тенденцией.

*Сценарий изменения поля осадков на перспективу.* Изменение количества осадков к 2050 г. будет неоднозначным (рис.2).

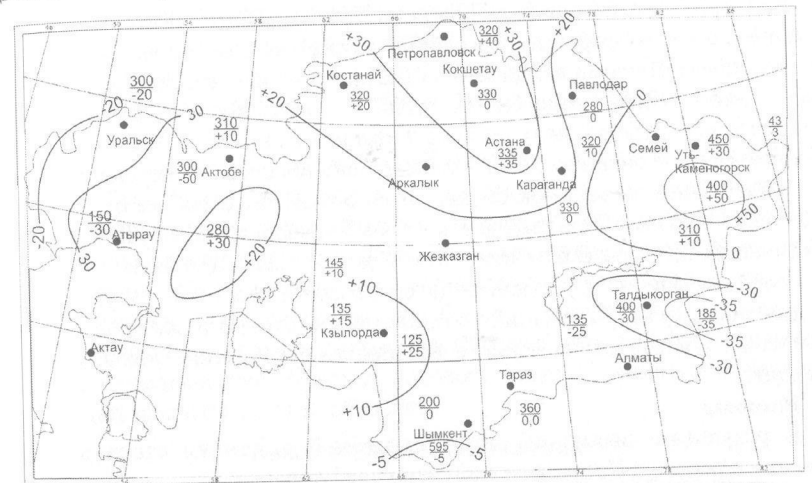


Рис.2. Сценарий изменения поля осадков по территории Казахстана к 2050 г.

Здесь в числителе приведена норма количества осадков, а в знаменателе – их ожидаемые изменения к 2050 г. Как видно из рисунка 2, количество осадков претерпит разнонаправленные изменения. По северу, и востоку и юго-западу Республики осадки увеличатся на 20...30 мм, а на западе и юго-востоке территории они примерно на столько же уменьшатся. На востоке Республики количество осадков увеличится на 10...50 мм. Примерно такое же увеличение осадков ожидается над Северным Казахстаном, 20...40 мм. В районе Арала - Кзылорды осадки тоже увеличатся на 10...25 мм. В полосе Павлодар-Чимкент изменения количества осадков не ожидается. На западе Республики, а также на юго-востоке ожидается уменьшение количества осадков на 20...35 мм/год.

Только на не большой части территории Казахстана количество осадков к 2050 г. уменьшится более чем на 10% от нормы. На северо-западе Республики ожидаемое снижение несколько превышает эту долю. В основном земледельческом районе, Северном Казахстане, количество осадков даже увеличится. Следовательно, условия для сельскохозяйственной деятельности останутся, как и в настоящее время не простыми, но они не ухудшатся.

**Обсуждение.** Результат, что на территории Казахстана началось похолодание, не является совсем неожиданным. По крайней мере с 2011 г.



национальная метеослужба Российской Федерации фиксирует начало похолодания на севере Европейской части России, а также по югу Западной Сибири и юго-востоку Восточной Сибири в зимнее время [11]. Несколько меньшее похолодание отмечается на этих же территориях весной и летом. Только осенью оно отсутствует. Мы отмечали, и это подтверждается большинством исследователей, что основная часть потепления имела место в зимний период. Начало заметного похолодания в этом сезоне компенсирует имевшее место потепление.

Наши результаты для бассейна реки Урал в общих чертах подтверждают полученные для других речных бассейнов общие выводы. Однако ввиду наличия ряда особенностей кроме аридности климата, таких как наличие двух бассейнов формирования стока, разделённых горами, принципиально разных условий формирования экстремальных осадков в каждом из них и др. мы получили свои особенные связи и ожидаемые сценарии изменения стока на перспективу.

В настоящее время имеются достаточно надёжные данные о расходе воды по гидрологическим постам вдоль реки Урал и практически отсутствуют данные о заборе воды на сельскохозяйственные и хозяйственные нужды. Бассейновый учёт используемой воды, и контроль её качества, по сути, отсутствует. Это затрудняет оценку антропогенного воздействия на сток. В то же время, очевидно, что система чувствительна к таким воздействиям. Решение такой задачи ещё предстоит.

#### Выводы

В результате выполненных исследований динамики стока в условиях изменения климата в Казахстане получено следующее:

##### 1. По климатическим колебаниям температуры и осадков:

- климатические колебания и температуры и осадков, формирующие поверхностный сток, имели место не только в настоящее время, но в прошлом веке. Такие колебания никогда не случаются одновременно на всей территории. Они появляются где-нибудь на её границе, а затем постепенно в течение нескольких лет распространяются на всю территорию;

- между климатическими колебаниями температуры и осадков не обнаружено синхронности или согласованности. Следовательно, построение сценариев их изменения для всей территории республики возможно только по отдельности и порегионально;

- по причинам, указанным выше, построение сценариев климатического изменения стока возможно только для каждой отдельной реки, т.е. по бассейнам.

##### 2. По бассейну реки Урал:

- нами в качестве примера оценена чувствительность стока в бассейне реки Урал к климатическим колебаниям температуры и осадков. Получено следующее:

- расход воды р. Урал очень чувствителен даже к небольшим колебаниям климата. При понижении (росте) климатической температуры на  $0,5^{\circ}\text{C}$  расход воды увеличивается (понижается) примерно на  $60 \text{ м}^3/\text{с}$ , а при уменьшении (увеличении) количества осадков на  $10 \text{ мм/год}$  расход воды уменьшается на  $20$

$\text{м}^3/\text{с}$ . Экстремумы в осреднённых временных рядах осадков и стока в зоне его формирования наблюдаются почти одновременно, в противофазе. По этой причине можно говорить об определенном взаимовлиянии температуры и осадков на величину стока;

- наличие водохранилищ на территории России пока никоим образом не ухудшает поступление воды в Казахстан. Более того, в маловодные годы поддерживается достаточно высокий расход воды. Этот расход за годы существования водохранилищ ни разу не опускался до того минимума, который часто имел место до построения водохранилищ в 20-е – 50-е гг. прошлого века.

##### 3. К прогнозу поверхностного стока по территории Казахстана в целом:

- несмотря на то, что прогноз поверхностного стока возможен только по отдельным бассейнам, некоторые общие выводы на основе данной работы возможны:

- поскольку климатические колебания и температуры и осадков по территории Республики происходят не синхронно и не одновременно, то ожидать одновременного климатического падения или роста стока не следует;

- начавшееся климатическое понижение температуры по всей территории Казахстана будет способствовать некоторому росту климатического стока;

- поскольку климатические колебания температуры и осадков по территории невелики, то межгодовые колебания стока будут существенно превышать климатические. Прогноз годового стока в конкретном бассейне и будет главной задачей в данной области.

#### Библиографический список

1. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. Алматы, 2010. 150 с.
2. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. Астана. 2008. 35 с.
3. Цыценко К.В. Водные ресурсы бассейна р. Урал и их изменения. Гидрометеорология и экология. Алматы, 2011. № 1. С.75-82.
4. Sneyers R. On the statistical analysis of series of observations. WMO. Technical Note, 143, 1990. 190p.
5. Чередниченко А.В. Изменение климата Казахстана и возможности адаптации за счет доступных водозапасаов облачности. - Бишкек.: Илим, 2009.-260 с.
6. Чередниченко А.В. Изменение климата Казахстана, как отклик на его глобальные изменения // Гидрометеорология и экология. Алматы. 2009. № 3. С. 5-14.
7. Чередниченко А.В. Динамика климата Казахстана. Начало эпохи похолодания. Алматы, 2015. 237 с.
8. Cherednichenko Alexander, Cherednichenko Alexey, Cherednichenko V.S., Vilesov E.N. Climate change in the City of Almaty during the past 120 years/ 2015, Quaternary International journal // homepage: [www.elsevier.com/locate/quaint](http://www.elsevier.com/locate/quaint).

9. Александр В. Чередниченко, Алексей В. Чередниченко, В.С. Чередниченко  
Временные ряды температуры и осадков. Статистический анализ. Алматы, 2013.  
365 с.

10. Бабкин А.В. Методология оценки периодичностей изменений уровня и  
элементов водного баланса Каспийского моря // Метеорология и гидрология.  
2005. №11. С.63-73.

11. Об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011  
год. М.: Росгидромет, 2012. [www.meteorf.ru](http://www.meteorf.ru)

УДК 556.5

Е.С. Черепанова [cherepanova\\_es@rambler.ru](mailto:cherepanova_es@rambler.ru), Д.Е. Клименко, А.Ю. Каракулов  
Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия

### ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГОДОВОГО СТОКА НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Рассмотрены вопросы картографирования среднегодового модуля стока на территории  
Пермского края с применением ГИС-технологий обработки пространственных параметров и  
расчетных значений. Применена методика расчета модуля стока в горных областях на  
основании зависимости данного параметра от высоты водосборной области.

*Ключевые слова:* ГИС-технологии, реки, модуль стока, геоинформационное  
картографирование, геоинформационные системы.

E. Cherepanova, [cherepanova\\_es@rambler.ru](mailto:cherepanova_es@rambler.ru), D. Klimenko, A. Karakulov  
Perm State University, Perm, Russia

### GEOINFORMATION MAPPING OF THE YEAR FLOW ON TERRITORY OF PERM KRAI

The problems of mapping the average annual multi-year flow module in the Perm Krai with  
application of GIS technologies for processing spatial parameters and calculated values are  
considered. The methodology for calculating the runoff module in mountain areas is based on the  
dependence of this parameter on the height of the catchment area.

*Keywords:* GIS-technologies, rivers, flow module, geoinformation mapping, geoinformation  
systems.

Пермский край, по-настоящему можно назвать водным, ведь именно  
Прикамье, за счет того, что по его территории протекают десятки тысяч рек,  
является лидером на Урале по обеспеченности водными и гидроэнергетическими  
ресурсами. Однако для того чтобы рационально использовать водные ресурсы  
необходимо производить их оценку. Одним из параметров является средний  
годовой сток – элемент водного баланса – имеющий важное значение при  
расчетах стока и водохозяйственном проектировании, так как он определяет

© Черепанова Е.С., Клименко Д.Е., Каракулов А.Ю., 2017

потенциальные водные ресурсы данного бассейна или района. Основным  
источником данных о характеристиках стока рек являются гидрологические  
посты. Однако следует учитывать тот факт, что их сеть не настолько широкая,  
чтобы охватить более мелкие водосборы рек. Кроме того, сегодня трудно найти  
характеристики стока территорий, которые имеют разнообразный рельеф,  
растительность, почвы, геологическое строение. Для решения проблем такого  
рода возможно применение ГИС-технологий, которые позволяют обрабатывать  
параметры и расчетные значения гидрологических характеристик.

Основным источником данных послужил научно-прикладной справочник  
[2]. Использование актуальных гидрологических данных позволит обновить  
картографическую информацию по этой теме. Для картографирования  
среднегодового стока территории были выбраны: код гидрологического поста,  
наименование гидрологического поста, широта и долгота центра тяжести  
водосбора, средняя высота водосбора (Н), модуль стока (М), коэффициент  
вариации ( $C_v$ ), отношение коэффициента вариации к коэффициенту асимметрии  
( $C_s/C_v$ ).

Существует несколько способов построения карт модуля стока. Первый  
способ заключается в следующем: при наличии гидрологических данных за  
большой промежуток времени величина среднего стока может быть определена  
путем обработки данных гидрологических наблюдений. Плавное изменение  
годового стока на равнинах, обусловленное географической зональностью,  
позволяет использовать метод географической интерполяции путем нанесения  
значения стока в геометрический центр водосбора и проведения между ними  
изолиний. Однако для определения стока горных рек такой метод не работает в  
связи сложностью орографического строения водосборов. Для этих случаев, в  
качестве второго способа, разработаны специальные методики [1].  
Картографирование сопутствующих модулю стока параметров – коэффициента  
вариации ( $C_v$ ) и отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации  
( $C_s/C_v$ ) производится первым способом.

Рельеф Пермского края разнообразен. Данный факт обусловлен тем, что  
Прикамье расположено как на окраине Восточно-Европейской равнины, так и в  
предгорьях Уральской горной системы. Поэтому для картографирования модуля  
стока необходимо использовать синтез вышеуказанных методов.

Картографирование территории проводилось при помощи  
полнофункциональной ГИС ArcGIS 10.2. Именно туда были импортированы  
геометрические центры водосборов по географическим координатам из научно-  
прикладного справочника. В таблице атрибутов этих точек хранятся данные по  
модулю стока,  $C_v$ ,  $C_s/C_v$ . Таким образом, были подготовлены данные для  
картографирования на равнинной территории. Для картографирования в горной  
части Пермского края, при помощи табличного процессора Microsoft Excel на  
основе гидрологических данных был построен график зависимости модуля стока  
от средней высоты водосбора (рис. 1.).