

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томское областное отделение Русского географического общества  
Томское отделение Российского геологического общества**

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ**

**К 100-летию открытия естественного отделения  
в Томском государственном университете**

**Материалы  
IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

**Том I**



**Томск  
16–19 октября 2017**

стью из-за неустановившегося характера движения воды: существенными амплитудами колебаний расходов и уровней воды в течение суток за счет попусков и высокой интенсивностью изменений гидродинамических характеристик. Это приводит к деформациям русла, наиболее значительные из которых наблюдаются при высоких расходах воды и прослеживаются у левого берега. Процессы деформации русла находятся в прямой зависимости от уровня воды.

Следовательно, гидрологический режим первого в каскаде водохранилища сложнее подчиненного, так как испытывает не только влияние попусков ГЭС, но и влияние длинных волн. Это не может не сказаться на деформациях ложа водоемов.

В настоящее время методы расчета деформаций разработаны для естественных речных русел, русел с карьерами, для нижних бьефов гидроузлов [1; 2; 3]. Однако они неприменимы для нижних бьефов водохранилищ, работающих в каскаде. В этих условиях нестационарность движения потока усиливается, что ведет к постоянным изменениям внутрируслового рельефа. Случайный характер русловому процессу придает также турбулентность потока и ее изменение. Поэтому русловые формы в ложе носят случайный характер. Особенно четко это проявляется в нижнем бьефе Камского водохранилища. Отсюда математические модели, основанные на гидродинамической теории, не могут дать надежных результатов. В таких условиях можно получить только общую картину трансформации русла, более объективную картину дает использование теории транспорта наносов, позволяющее оценить: 1) возможность русловых деформаций и 2) их примерную величину.

Нами установлено, что направленные изменения в нижнем бьефе Камского водохранилища отсутствуют. Отмечены локальные размывы и намывы, связанные с движением донных гряд. Изменения отметок дна составили  $\pm 1-2$  м. Таким образом, русло р. Камы ниже Камской ГЭС является достаточно стабильным.

Нижний бьеф Воткинского водохранилища характеризуется неоднозначностью в развитии руслового процесса – углубление русла на 1-2,5 м и аккумуляция на 1-2 м. В связи с этим вся правая часть дна русла представляет чередование сменяющих друг друга зон размыва и аккумуляции примерно одинакового объема. Это явление также объясняется особенностями гидродинамики потока р. Камы: при чередовании попусков воды через плотину за поворотом правого берега возникают водоворотные зоны большого масштаба. Это подтверждают наблюдения в период изыскательских работ.

#### Литература

1. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 375 с.
2. Гришанин К.В. Устойчивость русел рек и каналов. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 144 с.
3. Караушев А.В. Речная гидравлика. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 416 с.
4. Попов И.В. Деформация речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 366 с.

УДК 556.565

#### **ОСОБЕННОСТИ ФАЗЫ ЗАМЕРЗАНИЯ РЕК ПРАВОБЕРЕЖЬЯ ТОМИ**

*Дубинина А.В., Шантыкова Л.Н.*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

**Аннотация.** Проведены расчет и оценка влияния климатических изменений на характеристики фазы замерзания рек. Отмечено, что, в основном, временная динамика дат появления и становления ледового режима зависит от изменения водности водотоков и их теплозапасов в период осенней межени.

**Ключевые слова:** водность рек, ледовый режим, забереги, шуга, ледоход, фаза замерзания, анализ однородности, статистические методы.

## FEATURES THE PHASES OF THE FREEZING RIVERS OF THE RIGHT BANK OF THE TOM

*Dubinina A.V., Shantykhova L.N.  
National Research Tomsk State University, Tomsk*

*Annotation.* Calculation and assessment of the influence of climate change on the characteristics of the freezing phase of rivers has been carried out. It is noted that, in the main, the temporal dynamics of the dates for the appearance and formation of the ice regime depend on the change in the water content of the watercourses and their heat reserves during the autumn water period.

*Key words* Water content of rivers, Ice regime, shore ice, frazil, floating of ice, freezing phase, homogeneity analysis, statistical methods.

При гидротехническом и транспортном строительстве (мосты, плотины, трубопроводы), эксплуатации водозаборных сооружений необходимы сведения и закономерности характеристик ледового режима водных объектов. Условия формирования ледового режима меняются в силу изменения климата и объемов водной массы в руслах рек.

Основная цель работы – оценка и анализ дат появления, окончания и продолжительности фазы замерзания рек правобережья Томи. Это позволит оптимально использовать водотоки относительно небольших размеров в осенне-зимний период.

Указанная территория включает реки: Уса, Тутуяс, Верхняя, Средняя, Нижняя Терсь, Тайдон, Басандайка, Ушайка, Киргизка, площади водосборов которых колеблются от 3320 до 404 км<sup>2</sup>. В основном это водотоки средних размеров, и условия формирования речного стока, ледового режима обусловлены мезоклиматическими особенностями данной территории. Поэтому работа основана на информации по семи гидрологическим постам Росгидромета с периодом наблюдений с 1960 по 2013 гг.

Для объяснения полученных результатов были использованы за осенний период (октябрь – ноябрь) данные о расходах воды по стоковым постам, температуре воздуха и атмосферным осадкам трех метеорологических станций с длинными рядами наблюдений, расположенных в разных ландшафтах.

Анализ параметров ледового режима рек осенью осуществляется на основе методов анализа однородности и статистической обработки. Степень однородности характеристик фазы замерзания осуществлялась путем сопоставления двух временных периодов: 1960-1990 гг. и 1991-2013 гг.

Первый период по рекомендации Всемирной Метеорологической Организации был принят за базовый для определения градиентов показателей ледового режима в условиях их формирования до момента значительного увеличения средней глобальной температуры воздуха, с начала 1990-х годов [1].

Учитывая неполноту исходной информации, в работе осуществлено сопоставление осреднённых показателей ледового режима за два указанных периода для оценки величин изменения за последние десятилетия, по сравнению с базовым.

По высотным отметкам и формам рельефа (отдельные хребты, горная котловина, Западно-Сибирская равнина) рассматриваемая территория в целом относится к горной. Можно отметить некоторую тенденцию: изменение высоты местности относительно мало отражается на датах появления и становления ледовых образований. Сдвиг дат на более поздние сроки составляет от 5 до 10 дней (табл.). Следует отметить, что все изменения статистически не значимы.

Процесс формирования ледового режима фазы замерзания обусловлен водностью и типом питания реки, запасами тепла водной толщи, а также особенностями строения русел водотоков. Реки правобережья Томи относятся к водотокам с весенне-летним половодьем с паводками летом (апрель – июнь), когда проходит до 70% годового стока. Основным источником питания рек определяют талые воды сезонного снежного покрова с небольшим вкладом мно-

голетних снежников (западные склоны Кузнецкого Алатау). На долю дождевого питания приходится до 16%, грунтового до 15%.

Таблица

Средние характеристики фазы замерзания

| Река – пост<br>характеристики             | р. Уса –<br>г. Междуреченск | р. Басандайка –<br>д. Басандайка | р. Тайдон –<br>п. Медвежка |
|-------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Средняя высота<br>водосбора, м            | 790                         | 640                              | 560                        |
| Площадь водосбора, км <sup>2</sup>        | 3320                        | 1390                             | 1330                       |
| Дата появления ледовых обра-<br>зований   | 23.X<br>30.X                | 23.X<br>28.X                     | 22.X<br>1.XI               |
| Сдвиг в днях                              | 7                           | 5                                | 10                         |
| Дата становления ледовых об-<br>разований | 17.XI<br>17.XI              | 4.XI<br>12.XI                    | 26.XI<br>20.XI             |
| Сдвиг в днях                              | нет                         | 8                                | 6                          |
| Продолжительность фазы за-<br>мерзания    | 25<br>18                    | 12<br>15                         | 35<br>18                   |
|                                           | уменьшение                  | увеличение                       | уменьшение                 |
| сдвиг в днях                              | 7                           | 3                                | 17                         |

\*В числителе данные за 1960-1990 гг. В знаменателе за 1991-2013 гг.

Возникновение ледяных образований происходит в условиях водности, когда проходит до 10% годового стока. Первые ледовые образования в виде заберегов (полосы неподвижного льда вдоль берегов), появляются при достаточно больших расходах воды, чем установление сплошного ледостава. Это подтверждается увеличением водности осенней межени на реках Западной Сибири [2; 3; 5], которое привело к сдвигу дат окончания фазы замерзания на более поздние сроки. Подтверждением этого служит график изменения расходов воды за осенний период для рек бассейна Томи (рис.).

С момента устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C в сторону отрицательных значений в первой половине октября с ночными минимальными температурами более -20°C начинается процесс кристаллизации по всей русловой сети. В относительно тонком поверхностном переохлажденном слое воды начинают возникать забереги. Образование первичных форм в виде заберегов сопровождается интенсивным перемешиванием водных масс (скорость течения достигает 0,65 – 1 м/с). Водная толща от поверхности ко дну подвергается интенсивному охлаждению, что приводит к образованию внутриводного и донного льда. Всплывая на поверхность, лед формирует шугу.

Для всех рек правобережья Томи характерно сочетание заберегов с шугой, продолжительность существования которых длится от 1 до 19 дней.

На реках Уса, Тутуяс, Верхняя и Средняя Терсь путем смерзания шуги образуются отдельные льдины, которые обуславливают редкий ледоход в течение нескольких дней.

За последние десятилетия нынешнего столетия летние температуры воздуха не изменились, по сравнению с прошедшими годами [2; 4; 6], в то время как за осенний период они несколько увеличились (рис. 1), но повышенная динамика перемешивания водных масс преобладает над термическим повышением. Так как формирование теплозапасов воды в основном происходит летом, поэтому продолжительность фазы замерзания уменьшилась в полтора раза (табл.).

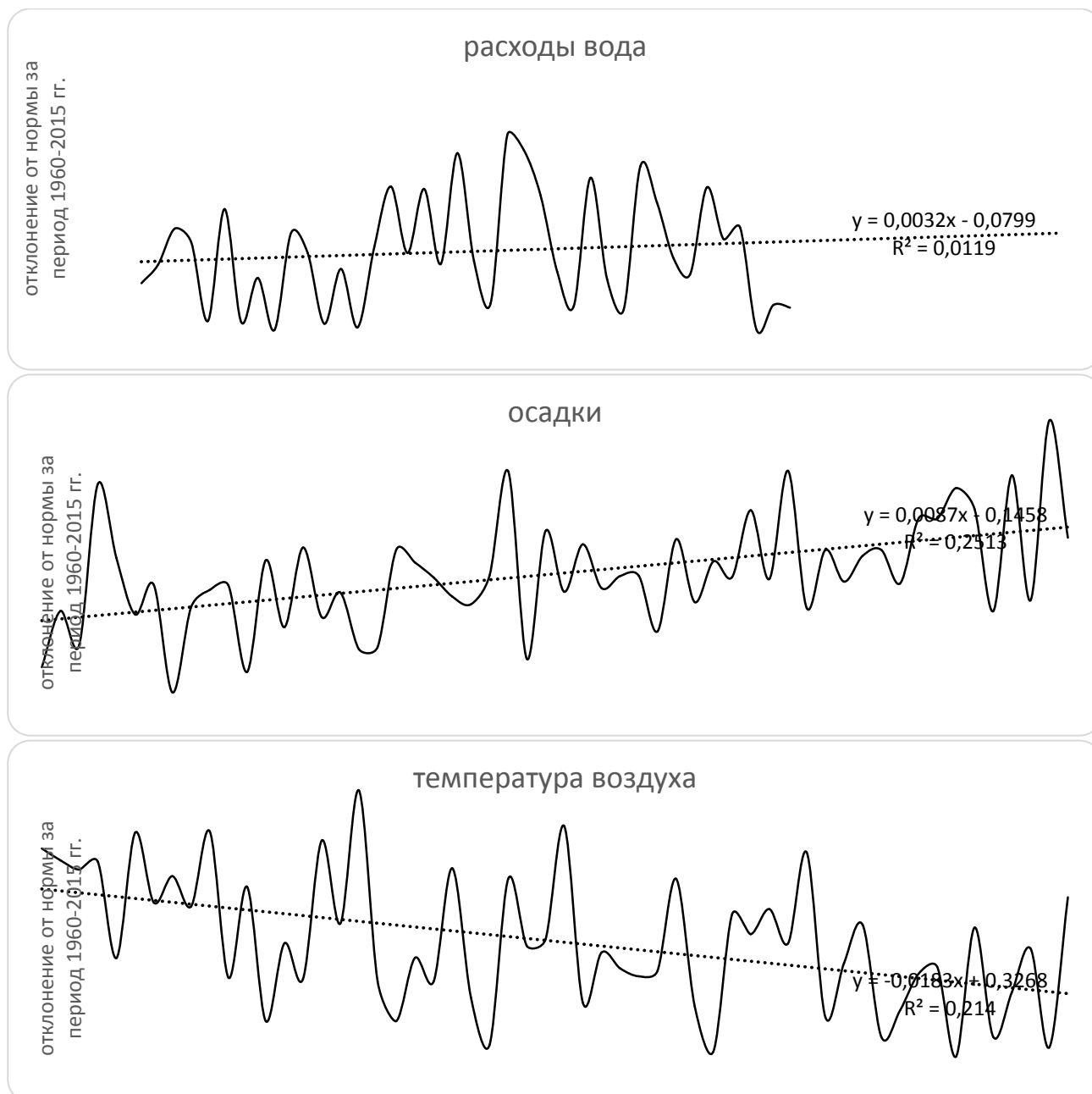


Рисунок – Динамика хода временной изменчивости за осеннюю межень расходов воды на р. Уса – г. Междуреченск, температуры воздуха и осадков по ГМС Кемерово в относительных единицах в отклонении от среднегогодового за период 1960-2015 гг.

Таким образом, повышенная водность осеннего сезона на реках Сибири является основным фактором сдвига дат появления, становления ледовых образований фазы замерзания на более поздние сроки. С другой стороны, теплозапас водной массы осенью практически не увеличился. С ростом водной массы возрастают скорости течения и интенсивность её перемешивания. Холод от поверхности быстрее проникает в толщу воды, это способствует образованию шуги. Поэтому динамический фактор преобладает над термическим, что ведет к уменьшению продолжительности фазы замерзания.

#### Литература

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Изд-во Росгидромета, 2014. 1009 с.

2. *Земцов В.А., Паромов В.В., Савичев О.Г.* Изменение водного стока крупных рек юга Западной Сибири // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Международной научной конференции.* Томск, 2000. С. 321–324.

3. *Паромов В.В.* Тенденции изменения климатических условий и речного стока в бассейне Верхней Оби в конце XX века // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Международной научной конференции.* Томск, 2000. С. 345–349.

4. *Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г.* Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов.* 2017. Т. 328. № 1. С. 62–74.

5. *Паромов В.В., Шантыкова Л.Н.* Ледовый режим бассейна Верхней Оби в условиях климатических изменений. // *Вестник Томского государственного университета. Приложение. Материалы научн. конф. «Проблемы геологии и географии Сибири».* Томск, 2003. № 3 (IV). С. 145–147.

6. *Шантыкова Л.Н., Паромов В.В.* Изменение характеристик ледового режима рек бассейна Верхнего Енисея // *Лед и снег.* 2010. № 2 (110). С. 51–55.

УДК 556.53+550.461

## **ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БАСЕЙНЕ РЕКИ БЕЛЫЙ ИРКУТ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)**

*Ефимова Л.Е., Повалишникова Е.С., Фролова Н.Л.*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва*

*Аннотация.* Приведены результаты гидролого-гидрохимических исследований водных объектов бассейна р. Белый Иркут, проводившихся в июле 2013 г. студентами и сотрудниками кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ. Отмечена общая тенденция увеличения минерализации в направлении от ледника вниз по течению реки. В воде оз. Эхой обнаружено повышенное, по сравнению с другими водными объектами, содержание редкоземельных элементов (РЗЭ), Al, Ti.

*Ключевые слова:* гидрология, химический состав речных вод, бассейн реки.

## **HYDROLOGIC-HYDROCHEMICAL RESEARCHES IN THE BASIN OF THE RIVER WHITE IRKUT (EAST SAYAN)**

*Efimova L.E., Povalishnikova E.S., Frolova N.L.*

*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow*

*Abstract.* Complex study of rivers and lakes of the upper reach of the White Irkut watershed was carried out by students and teachers of the Department of Hydrology, Faculty of Geography, Moscow State University in July 2013. The analysis showed a general tendency for an increase in mineralization along the direction from the region of glaciers to watercourse of the river. In the waters of the lake Ehoy noted an increased, in comparison with other waters in the basin, the contents of the group of rare earth elements (REE), Al, Ti.

*Key words:* hydrology, chemical composition of river waters, river basin

Изучение пространственно-временной трансформации химического состава малоизученных горных рек в их высокогорной зоне позволяет выявить механизм формирования стока растворенных веществ в этой труднодоступной части горно-ледниковых бассейнов и оценить значимость отдельных факторов его формирования. Новые материалы гидролого-гидрохимических наблюдений на неизученных ранее водных объектах горно-ледниковых бас-