

УДК 551.345:556,5

С. П. ГОТОВЦЕВ

Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск

ДЕГРАДАЦИЯ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК ЯКУТИИ

Одним из подтверждений воздействия потепления климата на природные процессы на севере Якутии являются участвовавшие случаи катастрофического наводнения на реках Колымской низменности. Комплексные мерзлотно-гидрогеологические исследования, проведенные в бассейне р. Алазеи, позволили установить, что за последние 40 лет в данном регионе произошло повышение средней годовой температуры воздуха на 1,8 °С. В связи с этим здесь увеличиваются глубина сезонного протаивания мерзлых грунтов и деградация ледового комплекса. Из-за увеличения надмерзлотного стока происходит переполнение акваторий озер и прорыв вод из них в долину ближайших рек. В результате в прирусловых частях долин накапливается огромная масса воды, которая вследствие незначительного естественного уклона и небольшого сечения, присущих равнинным рекам, не может быстро разгрузиться. Такие разливы, представляя своеобразные гидрологические барьеры, способствуют подтоплению населенных пунктов в периоды половодий и паводков. В настоящее время на местах спущенных озер формируются аласы, а между ними и долиной рек вырабатывается аласно-долинная система, резко увеличивающая водосборный бассейн равнинных рек. Сделан вывод, что на арктическом севере Якутии происходят необратимые изменения орографии поверхности как результат глобального потепления климата.

Ключевые слова: гидрологический режим, наводнение, криогенная толща, ледовый комплекс, подземные льды.

Among supporting evidence for the warming climate effects on the natural processes in the north of Yakutia are the increasingly frequent events of disastrous floods on the rivers of the Kolyma Lowland. Comprehensive permafrost-hydrology studies within the Alazeya river basin revealed that this region has experienced a rise in mean annual air temperature by 1.8 °C for the last forty years. This involves an increase in the depth of seasonal freezing of earth materials, and a degradation of the icy complex. An increase in supra-permafrost flow is responsible for the overfilling of the lakes, with the water rushing from them into the valleys of the nearest rivers. As a result, the along-channel sections of the valleys accumulate a huge mass of water whose discharge proceeds slowly because of a minor natural slope and a small cross-section typical of lowland rivers. Such overflows as a peculiar kind of hydrological barriers promote waterlogging of settlements at the time of floods. At present the empty lakes develop alases, and the area between them and the river valley produce an alas-valley system which increase dramatically the size of the drainage basin of the lowland rivers. It is concluded that Yakutia's Arctic North is undergoing irreversible changes in the orography of the surface as a result of global warming.

Keywords: hydrological regime, flood, cryogenic strata, icy complex, ground ice.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последние годы на арктическом севере Якутии наблюдаются признаки воздействия глобального потепления климата на состояние многолетнемерзлых горных пород (ММП). В данном регионе из-за малочисленности метеорологических станций и постов количественно оценить темпы изменения климата довольно сложно. Тем не менее субъективные показатели трансформации природных условий территории однозначно говорят об изменении климата в сторону потепления. Существенно отодвигаются сроки установления ледового покрова на реках, увеличивается мощность сезонноталого слоя и усиливается таяние подземных льдов. Возникло множество очагов термокарстового процесса и заболоченных участков, а на склонах долин активизировались термоденудационные процессы, такие как оврагообразование и оползни. Особенно интенсивно они происходят в районах распространения пород ледового комплекса. В мерзлотоведении ледовым комплексом называют сильнольdistые тонкодисперсные образования, содержащие повторно-жильные льды, которые сформировались в ледниковую эпоху. Верхняя часть этих льдов обычно залегают на глубине 2,5–3 м, т. е. ниже сезонноталого слоя.

Одним из косвенных подтверждений воздействия потепления климата на природные процессы арктического севера Якутии являются участвовавшие случаи катастрофического наводнения на реках Колымской низменности. Например, часто стали подтапливаться населенные пункты Сватай, Аргахтах и Андрушкино, расположенные в бассейне среднего течения р. Алазеи. Ближайшая к ним метеорологическая станция находится в г. Среднеколымске, где наблюдения за температурой воздуха ведутся с

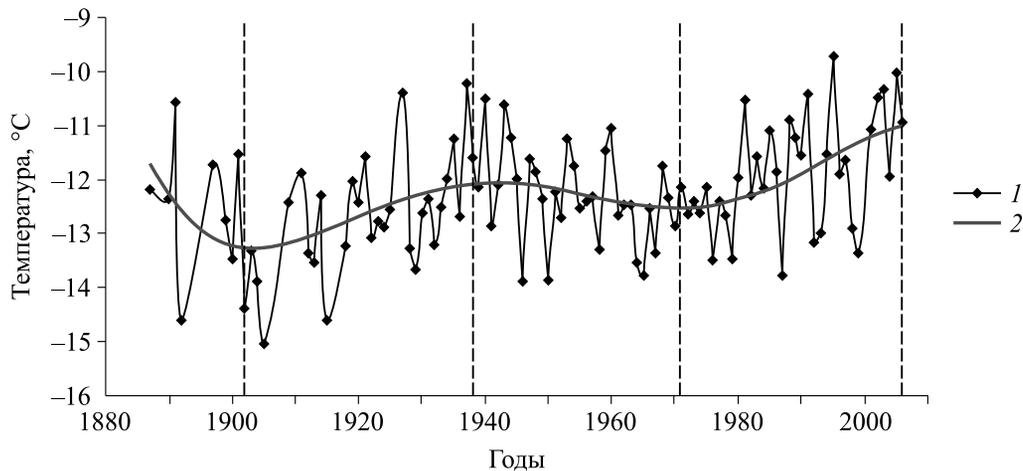


Рис. 1. Многолетний ход температуры воздуха по данным метеорологической станции г. Среднеколымска.

1 – изменение средней годовой температуры воздуха; 2 – полиномиальный тренд.

1887 г. Анализ изменения средней годовой температуры воздуха за 120 лет показывает наличие четырех циклов периодических изменений климата (рис. 1).

Как известно, гипотеза о циклических изменениях климата — чередовании прохладно-влажных и тепло-сухих периодов в интервале 35–45 лет — выдвинута в конце XIX в. русскими учеными Э. А. Брикнером [1] и А. И. Воейковым [2]. Впоследствии эти научные положения были развиты А. В. Шнитниковым в виде стройной теории о внутривековой и многовековой изменчивости климата и общей увлажненности материков Северного полушария [3–5]. В основу системы доказательств положены данные о характере изменения горного оледенения Евразии и Северной Америки, уровней наполнения внутренних водоемов, в том числе Каспийского моря, и Мирового океана, об изменчивости ледовой обстановки в Арктике. Согласно данной теории, длительность внутривековых климатических циклов колеблется от 20 до 45 лет, на их фоне развиваются циклы продолжительностью 7–11 лет. Кривая средней годовой температуры воздуха показывает, что минимумы этого цикла отмечались в 1902–1905 и 1977–1978 гг., а максимумы — в 1937–1940 и 2003–2005 гг.

В каждом втором «брикнеровском» цикле максимальные и минимальные значения температуры и влажности существенно превышают внутривековые показатели и классифицируются как циклы векового масштаба проявления. Вековые циклы развиваются в интервале 60–80 лет, достигая в северных районах 90 лет [6].

Анализ изменения температуры воздуха по данным метеорологической станции г. Среднеколымска показывает, что в регионе последний цикл потепления начался в 1970-х гг. За это время наблюдается повышение средней годовой температуры воздуха примерно на 1,8 °С. Среднегодовое количество осадков за 1967–2007 гг. в регионе составило 240 мм/год, из них около 60 % выпадает в жидком виде.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

В 2008–2009 гг. ряд институтов Якутского научного центра провели комплексные научно-исследовательские работы по изучению причин изменения гидрологического режима р. Алазеи. В ходе экспедиционных исследований было собрано много материалов, которые позволили охарактеризовать природные условия этого малоисследованного района Якутии [7–12]. По наблюдениям местных жителей, значительные изменения природных условий стали особо заметными с конца прошлого века. Так, по их словам, с середины 1990-х гг. для расширения сенокосных угодий проводились мероприятия по спуску озер с территории Сень-Кюельского наслега с применением буровзрывных работ. Данная территория расположена на приводораздельной поверхности рек Колымы и Алазеи, тяготея к бассейну последней.

Для проверки этой информации в середине сентября 2009 г. по территории Сень-Кюельского наслега нами выполнен конный маршрут, позволивший обследовать крупнейшие озера Балаганнаах, Нарбыскай, Илин-Эбэ и Арга-Эбэ, которые раньше были полноводными и имели большой рыбный запас. По сообщению жителей с. Ойусардах, вода из вышеперечисленных озер стала исчезать начиная с августа

1998 г. Сначала вода ушла из оз. Балаганнаах, акватория которого в настоящее время представляет собой сформировавшуюся аласную котловину с разрозненными озерами и широкими луговыми пространствами. Озера в основном сосредоточены в центральной части аласа, вокруг них произрастают луговая растительность и кустарники. Поверхность аласа твердая, травянистая, местами заочкаренная. Берега озер пологие, относительно твердые. Посередине кое-где видны травянистые острова. Между озерами Балаганнаах и Нарбыкской выработано русло шириной 10–15 м, глубиной до 2–2,5 м с пологими задернованными берегами, достигающими в высоту 1–1,5 м. В момент обследования глубина сезонного протавивания ММП на днище аласа в среднем составляла 0,9 м.

Бывшая акватория оз. Нарбыкской также представляет собой алас, образовавшийся в результате частичного схода воды. Размер оставшегося озера относительно больше, чем оз. Балаганнаах, и оно практически единое. Судя по высоте уступа бывшей береговой линии, уровень спада воды не менее 2 м.

Акватории озер Илин-Эбэ и Арга-Эбэ тоже превратились в аласы и имеют сходные черты с вышеописанными. В западной части аласа Арга-Эбэ при дренировании воды озера сформировалось хорошо выработанное русло шириной 10–20 м, которое, местами расширяясь, образует плесы шириной до 40–50 м. Берега задернованы, крутые, обрывистые, высотой до 4–5 м (рис. 2). Следов проведения гидротехнических мероприятий по спуску этих озер нами не обнаружено. По-видимому, сход вод из них произошел естественным путем в результате термоэрозионного углубления и расширения существующих ложбин при переполнении их акватории. В настоящее время они представляют собой аласы, находящиеся в зрелой стадии развития [13].

Обследованные озера изначально представляли собой термокарстовые озера, находящиеся в стадии «тыымпы», которые широко развиты на прилегающей территории. Если считать, что диаметр этих озер около 10 км, то при спаде уровня воды на 2 м из четырех названных озер могло утечь в сумме около 352 млн м³ воды. Как показали гидрометрические работы, в начале августа расход воды в створе с. Аргахтах составлял 162,26 м³/с, а в створе с. Андрюшкино — 261,98 м³/с.

Максимальный подъем уровня р. Алазеи зафиксирован в 2007–2008 гг., когда была подтоплена значительная часть территорий населенных пунктов Аргахтах и Андрюшкино. Отметка выхода воды на пойму для с. Аргахтах — 0,7 м, с. Андрюшкино — 0,8 м над 0 графика. Характер изменения уровня воды в р. Алазее в этот период представлен на рис. 2.

Интенсивность подъема уровня воды в начале половодья составляла в среднем 35 см/сут, затем с выходом воды на пойму она резко уменьшалась. В целом за период от начала весеннего половодья до формирования годового максимума этот показатель колебался от 4–5 до 11–12 см/сут (при среднем значении 8–9 см/сут).

Таким образом, все четыре обследованных озера в результате схода воды превратились в зрелые аласы и, соединившись выработанными руслами, сформировали аласно-долинную систему. Бывший их водосборный бассейн в настоящее время через ручей Ыларга-Юрэгэ соединился с долиной р. Алазеи (рис. 3).

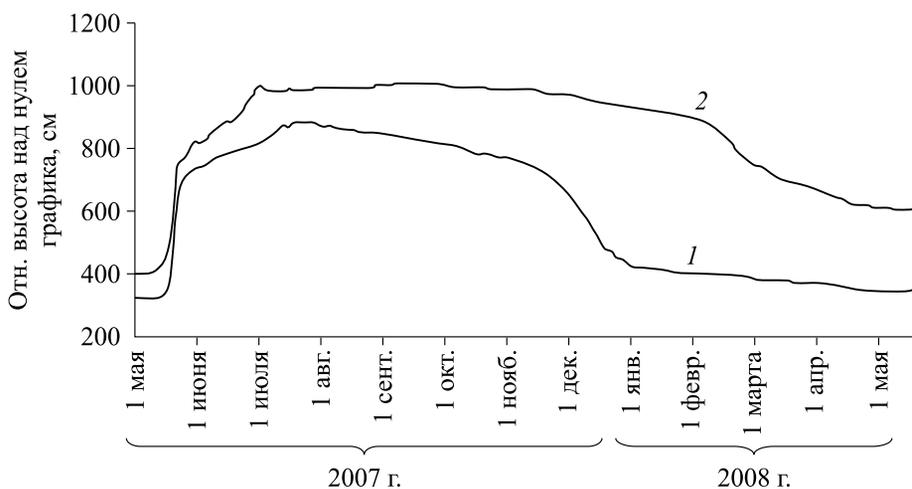


Рис. 2. Динамика уровня воды в р. Алазее у с. Аргахтах (1) и с. Андрюшкино (2) в период «большой воды» (2007–2008 гг.).



Рис. 3. Формирование аласно-долинной системы в результате спуска озер в бассейне р. Алазеи.

Объем ушедшей из озер воды, рассчитанный с использованием программы ГИС ArcMap, составил около 352 млн м³. Если допустить, что уровень воды в озере снизился примерно на 2 м, то только из оз. Балаганнаах ушло 126,5 млн м³ воды.

Обследование крупных приводораздельных озер Сень-Кюельского наслега показало, что с 1998 г. из них произошел постепенный отток вод, что, скорее всего, стало основной причиной подтопления населенных пунктов, расположенных в бассейне среднего течения р. Алазеи. Кроме того, анализ данных метеорологической станции г. Среднеколымска выявил, что случаи подтопления сел не всегда коррелируют с годами, характеризующимися большим количеством выпавших осадков. Это дает основание предположить, что переполнение акватории озер обусловлено не столько повышением количества осадков, сколько увеличением глубины сезонного протаивания, вытаиванием верхней части льдистого слоя пород ледового комплекса и повышением составляющего надмерзлотного стока.

Таким образом, проведенные исследования показали, что сток вод этих озер сопровождается активизацией термоэрозионных процессов в междуречье, в результате чего в настоящее время между водораздельными озерами и долиной р. Алазеи формируется аласно-долинная система, резко увеличивающая водосборный бассейн самой реки (см. рис. 3). Исходя из этого, можно констатировать, что в арктической зоне Якутии наблюдаются необратимые изменения орогидрографии поверхности как результат глобального потепления климата.

Резкое изменение гидрологического режима р. Алазеи и подтопление населенных пунктов в ее среднем течении мы связываем с нарушением водного баланса, вызванным попаданием вод близлежащих озер в речную систему. При этом огромная масса воды, накапливающаяся в виде разливов в прирусловой части долины р. Алазеи из-за незначительного уклона самой реки и малого сечения русла, не может быстро разгрузиться.

ВЫВОДЫ

По данным метеорологической станции г. Среднеколымска, за последние 40 лет в регионе произошло повышение средней годовой температуры воздуха на 1,8 °С. Из-за потепления климата увеличилась глубина сезонного протаивания грунтов с деградацией льдистого горизонта верхней части многолетнемерзлых горных пород. В результате резко возрос надмерзлотный сток, что сыграло немаловажную роль в переполнении акватории термокарстовых озер и их дренировании на более низкие гипсометрические уровни.

Выявлено, что в пределах Колымской низменности, ранее изобиловавшей термокарстовыми озерами, между приводораздельными озерами и долиной р. Алазеи формируется аласно-долинная система, увеличивающая ее водосборный бассейн. Этот процесс, а также наличие других озер, акватории которых переполнены, не исключают сценария подтопления населенных пунктов, расположенных в среднем течении Алазеи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Brückner Ed.** Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit // Georg. Abhandl. von A. Penck. — 1890. — Bd 4, hf. 2. — P. 43–58.
2. **Воейков А. И.** Колебания климата и уровня озер Туркестана и Западной Сибири // Метеорол. вестн. — 1901. — № 3. — С. 16–27.
3. **Шнитников А. В.** Внутривековые колебания уровня степных озер Западной Сибири и Северного Казахстана и их зависимость от климата // Труды лаборатории озероведения АН СССР. — 1950. — Т. 1. — С. 129.
4. **Шнитников А. В.** Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария // Зап. ГО СССР. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. — Т. 16. — С. 1–336.
5. **Шнитников А. В.** Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. — Л.: Наука, 1969. — 244 с.
6. **Дроздов О. В., Григорьева А. С.** Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. — Л.: Гидрометеоиздат, 1971. — С. 316.
7. **Готовцев С. П., Находкин Н. А., Барышев Е. В., Копырина Л. И.** О причинах подтопления населенных пунктов в бассейне р. Алазеи // Наука и техника в Якутии. — 2008. — № 2 (15). — С. 23–26.
8. **Копырина Л. И.** Результаты исследований фитопланктона бассейна р. Алазеи // Наука и образование. — 2009. — № 2 (54). — С. 81–85.
9. **Копырина Л. И.** Влияние паводка на структуру и функционирование водорослей на реке Алазея (Северная Якутия, Россия) // Материалы IX Междунар. симпоз. по развитию холодных регионов ISCORD 2010 (1–5 июня 2010 г., Якутск). — Якутск, 2010. — С. 250.
10. **Копырина Л. И., Порядина Л. Н., Иванова Е. И.** Биоразнообразие споровых растений в бассейне р. Алазея (Северо-Восточная Якутия) // Бюл. МОИП. Отд. биол. — М., 2009. — Т. 114, прил. 1, ч. 3. — С. 77–81.
11. **Иванова Е. И.** К изученности флоры мхов бассейна р. Алазея (Северо-Восточная Якутия) // Бюл. МОИП. Отд. биол. — М., 2009. — Т. 114, прил. 1, ч. 3. — С. 52–55.
12. **Готовцев С. П.** Последствия глобального потепления климата на арктическом севере Якутии // IX Междунар. симпоз. по проблемам инженерного мерзлотоведения (г. Мирный, Россия, 3–7 сент. 2011 г.). — Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения, 2011. — С. 395–397.
13. **Соловьёв П. А.** Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 144 с.

Поступила в редакцию 11 августа 2014 г.