перимента (рисунок 2) и количества прореагировавшей кислоты, где в первом случае зависимости носят логарифмический характер (исключая для 20 °С), во втором – практически линейный. Аналогичные зависимости могут быть получены для потери массы и магнитной восприимчивости. Для уменьшения остальных свойств зависимости носят чуть более хаотичный характер.

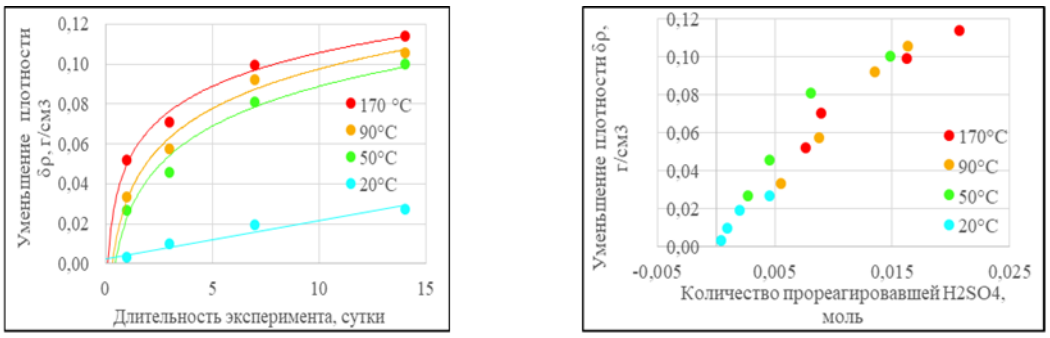

Рисунок 2 – Графики зависимости уменьшения плотности от длительности эксперимента и количества прореагировавшей H_2SO_4

Что касается особенностей изменения пустотного пространства, то для проб «кипятившихся» в течение 2 недель в процессе гидротермальной обработки характерно развитие дополнительных трещин, реакционной каймы в поверхностной зоне, в пределах которой наблюдалось разуплотнение. У пробы, обработанной при 170°С, трещины также проникали и во внутрь породы.

Заключение. В результате исследований была дана оценка характеру изменения состава и свойств андезибазальтов в условиях сернокислотного выщелачивания. Общие тенденции изменения свойств совпадают как для проб, измененных натурно, так и для лабораторно измененных проб – наблюдается потеря массы, плотности, магнитной восприимчивости, прочностных, деформационных характеристик. С увеличением степени изменения происходит образование новых минералов, уменьшение количества рудных компонентов, развитие трещин, пор, появление в значительной степени аморфного вещества на конечных стадиях. Изменение свойств коррелирует со временем обработки и с количеством прореагировавшей кислоты – чем больше длительность и температура обработки, тем в большей степени происходит уменьшение значений свойств

1. Белоусов В.И., Сугробов В.М. Геологическое строение и гидрогеологические особенности Паужеткой гидротермальной системы. – В кн. «Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки», Владивосток, 1976, с. 23–57.

2. Белоусов В.И., Сугробов В.М., Сугробова Н.Г. Геологическая и гидрогеотермическая обстановка геотермальных районов и термальных систем Камчатки– В кн. «Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки», Владивосток, 1976, с. 5–22.

3. Фролова Ю.В. Скальные грунты и методы их лабораторного изучения. М.: КДУ. 2015. – 222 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ ЗА ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

Тимошенко В.А.,
студент 4 курса БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Иванов Д.Л., доктор геогр. наук, доцент

Ключевые слова. Ледовый режим, Западная Двина, ледостав, глобальное потепление.
Keywords. Ice regime, Western Dvina, freeze-up, global warming.

На протяжении последних десятилетий активное потепление климата оказывает существенное воздействие на гидрологический режим территории Беларуси. Особый

интерес представляет река Западная Двина, которая является одним из ключевых водотоков страны. Ледовый режим является важнейшей составной частью гидрологического режима и зависит от климатических условий речных бассейнов, водности рек, морфологических характеристик русел и гидравлических свойств потока. В последние десятилетия создание на реке ряда гидротехнических сооружений внесло существенные изменения в ее ледовый режим, который, в свою очередь, оказывает большое влияние на функционирование и эксплуатацию располагающихся в зоне его влияния инженерных и гидротехнических сооружений.

Материал и методы. Для изучения временной динамики основных фаз ледового режима реки использовались многолетние данные гидрологических постов, находящихся на реке Западная Двина в пределах Беларуси (Сураж, Витебск, Улла, Полоцк, Верхнедвинск) за временной отрезок с 1960 по 2022 год. Исходными данными для анализа послужили ежегодные данные о ледовых явлениях в створе [1].

Результаты и их обсуждение. Быстрое изменение климата, начавшееся со второй половины 80-х годов, проявилось на территории страны в быстром росте среднегодовых температур воздуха [2; 3] и смягчении зимних условий (уменьшении суммы отрицательных температур, количества твердых осадков, а также в увеличении суммы положительных температур воздуха во время оттепелей) [4]. Безусловно, такие изменения не могли не отразиться на ледовом режиме.

Изучение фактических данных позволяет заключить, что сроки начала ледовых явлений в течение рассматриваемого периода год от года существенно варьируют. Однако группировка материалов по десятилетним срезам позволила установить тенденцию к более позднему началу ледовых явлений на реке. В целом, по реке, за рассматриваемый период средняя дата начала ледовых явлений сместилась со второй декады ноября на вторую декаду декабря (таблица). Наиболее интенсивное смещение сроков начала ледового периода на более позднее время отмечалось с начала 90-х и особенно 2000-х годов. По отношению к базовому периоду (1960–1989 гг.) в каждое последующее десятилетие начало ледового периода смещалось на 6–10 дней и в сумме за период потепления составило 26-29 суток. В среднем интенсивность такого смещения составляла 0,9 суток за год, при этом в последние 3 года (2020–2022) оно было максимальным и составило 2,3 суток / год.

При этом время проявления первых ледовых явлений сместилось с первой-второй декады ноября (1960–1989 гг.) на первую –третью декады декабря за период потепления. В отдельные годы (2006–2007) первые ледовые явления приходились на конец января, а зимой 2019–2020 гг. ледовых явлений в отдельных створах вообще не наблюдалось.
Следует отметить, что начало ледовых явлений и интервал их смещения существенно варьируют от одного гидропоста поста к другому, что в значительной степени обусловлено техногенными причинами, повлиявшими на водность реки, морфологические характеристики русла и гидравлические свойства водного потока.

Таблица – Усреднённые по десятилетним срезам даты начала и окончания ледовых явлений за период 1960–2022 гг. (дата начала/дата окончания)

Название поста	**Период, гг**						
	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2022
Сураж	11.ноя/13.апр	13.ноя/10.апр	13.ноя/07.апр	20.ноя/03.апр	27.ноя/04.апр	30.ноя/03.апр	01.дек/22.мар
Витебск	14.ноя/11.апр	17.ноя/07.апр	15.ноя/07.апр	21.ноя/01.апр	30.ноя/02.апр	08.дек/30.мар	08.дек/23.мар
Улла	17.ноя/07.апр	22.ноя/05.апр	17.ноя/04.апр	22.ноя/25.мар	02.дек/28.мар	05.дек/25.мар	04.дек/27.мар
Полоцк	17.ноя/08.апр	22.ноя/04.апр	16.ноя/04.апр	22.ноя/26.мар	02.дек/28.мар	10.дек/24.мар	28.дек/09.мар
Верхнедвинск	18.ноя/07.апр	23.ноя/02.апр	17.ноя/01.апр	22.ноя/22.мар	04.дек/25.мар	11.дек/23.мар	28.дек/10.мар
Среднее за период	16.ноя/09.апр	20.ноя/06.апр	15.ноя/05.апр	21.ноя/28.мар	01.дек/30.мар	07.дек/27.мар	14.дек/18.мар

Наряду с отмеченным, за период потепления фиксируется и тенденция смещения сроков окончания ледовых явлений на реке, что особенно отчетливо видно по десятилетним хроносрезам. В целом, по реке, средняя дата окончания ледовых явлений сместилась с первой декады апреля на вторую – третью декаду марта.

Разница между временем проявления последних ледовых явлений в верхнем течении (пост Сураж) и нижнем (пост Верхнедвинск) увеличилась с 6–9 суток (1960–1989 гг.) до 12–21 суток за период потепления. Результатом смещения сроков основных фаз ледового режима (появления льда на более поздние сроки, а очистки русла ото льда на более ранние), является снижение общего количества дней с ледовыми явлениями. За базовый период (1960–1989 гг.) амплитуда продолжительности ледового периода на створах разных постов колебалась незначительно, уменьшаясь вниз по течению реки, она варьировала от 147 суток (Сураж) до 137 суток (Верхнедвинск).

За период потепления (1990–2022 гг.) продолжительность ледового периода существенно сократилась и составляет от 128 суток (Сураж) до 103 суток (Верхнедвинск). Особенно интенсивные сокращения наблюдались тёплой зимой 2019–2020 годов, когда ледовых явлений в отдельных створах вообще не наблюдалось (рисунок). Уменьшение продолжительности ледовых явлений по-прежнему направлено вниз по течению реки.

Вместе с тем амплитуда продолжительности этих явлений от створа к створу существенно увеличилась (до 25 суток). Кроме того, активное создание на реке ряда гидротехнических сооружений (строительство и ввод в эксплуатацию Витебской и Полоцкой ГЭС), существенно отразилось на сокращении длительности периода ледовых явлений от створа к створу.

При этом, сокращение длительности периода с ледовыми явлениями происходит уже *увеличивается* вниз по течению реки. На гидрологическом посту Сураж за время потепления продолжительность периода с ледовыми явлениями сократилась на 19 суток (со 147 суток в 1960–1989 гг. до 128 суток в 1990–2022 гг.). В нижних по течению реки створах сокращение продолжительности периода с ледовыми явлениями увеличивается до 34 суток в створах постов Полоцк (с 139 до 105 суток) и Верхнедвинск (со 137 до 103 суток).

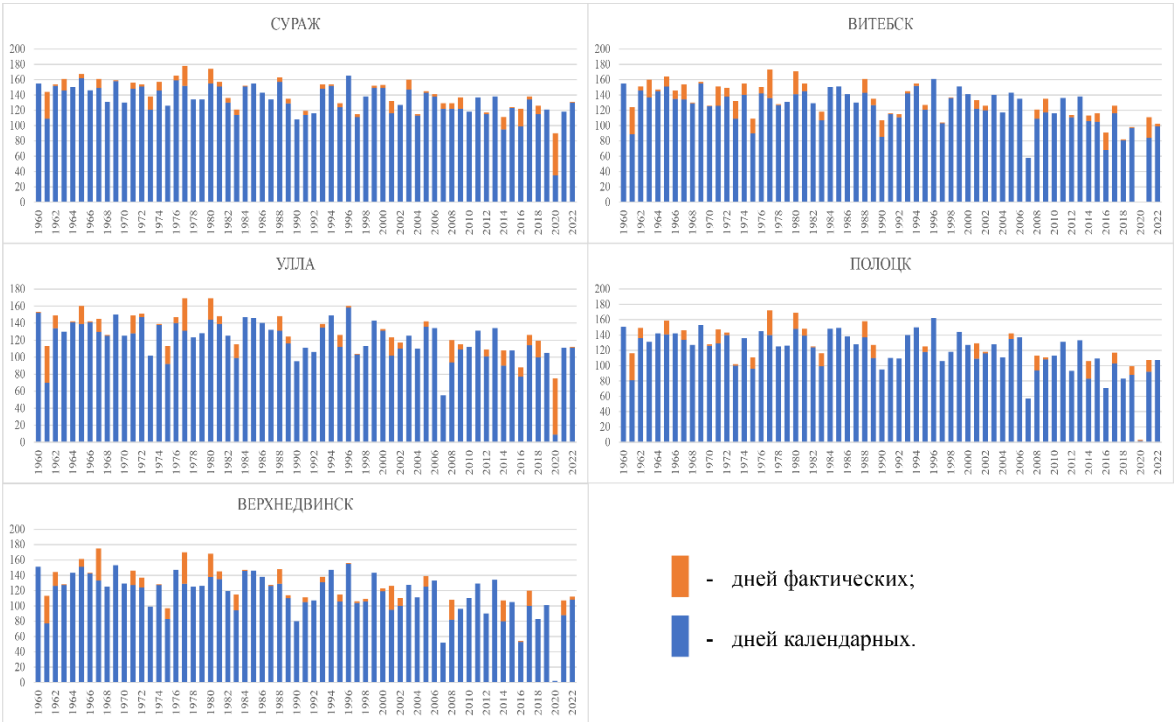

Рисунок – Продолжительность ледовых явлений в створах постов на реке Западная Двина за период 1960–2022 гг.

Заключение. В результате исследования влияния изменения климата на ледовые явления в бассейне реки Западная Двина выявлена отчетливая тенденция к сокращению длительности периода ледообразования. Анализ фактических данных показал, что даты начала и окончания ледовых явлений постепенно смещаются: начало ледообразования происходит позже, а окончание – раньше. Эти изменения выражаются в сокращении общей продолжительности периода с ледовыми явлениями. Наиболее интенсивное сокращение длительности ледовых явлений отмечается в последние десятилетия. Активное антропогенное воздействие и создание на реке гидротехнических сооружений наиболее отчетливо отразились в региональном смещении основных фаз и продолжительности интервалов ледовых явлений от створа к створу и максимальном сокращении продолжительности периода с ледовыми явлениями вниз по течению реки.

1. Архивные данные Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Республики Беларусь.

2. Недобега, А.П., Иванов, Д.Л. Изменение климата на территории Беларуси в контексте глобального потепления / А.П. Недобега, Д.Л. Иванов // XV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием. Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН. Томск, 2023. С. 87–90.

3. Иванов, Д.Л., Ивашко, Е.А. Экстремально высокие темпы роста температуры воздуха как характерная черта и особенность климата территории Беларуси в условиях глобального потепления / Д.Л. Иванов, Е.А. Ивашко // Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках. Материалы международной научно-практической очно-заочной конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного университета, 60-летию кафедры физической географии и образовательных технологий, 100-летию со дня рождения проф. О.Ф. Якушко. Минск, 2021. С. 329–332.

4. Волчек, А.А Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А.А. Волчек [и др.]. – Брест: Альтернатива, 2017 – 239 с.