

Максимальные расходы воды уменьшаются в пределах –20...–40% для всех сценариев радиационного воздействия. Годовой и минимальный сток имеют гораздо меньшую чувствительность.

Оценка значимости изменений климатических переменных по отношению к естественным колебаниям гидрологических характеристик проводилась с помощью критерия SNR. Было установлено, что возможные изменения максимальных расходов воды сопоставимы с их изменчивостью ($0.6 < \text{SNR} < 1.0$). Ожидаемые изменения годового и минимального стока значительно меньше внутримодельной изменчивости.

В ряде исследований было показано, что современные климатические изменения сопровождаются изменением продолжительности засушливых периодов, в частности, вследствие изменения частоты появления блокирующих антициклонов. Следует особо отметить, что ДС-метод, использованный в данной работе, не предполагает возможности учета изменения временной структуры осадков, что повышает неопределенность в оценках возможных изменений минимального стока.

Список использованных источников

1 Vinogradov, Yu B., O. M. Semenova, and T. A. Vinogradova. "An approach to the scaling problem in hydrological modelling: the deterministic modelling hydrological system." *Hydrological processes* 25.7 (2011): 1055–1073.

2 Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones and M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)*, **113**, D20119, doi:10.1029/2008JD10201

3 Gleick, Peter H. "Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes." *Journal of hydrology* 88.1-2 (1986): 97–116.

4 Moriasi, Daniel N., et al. "Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria." *Transactions of the ASABE* 58.6 (2015): 1763–1785.

5 Партасенок И.С., Гайер Б. Исследования возможных сценариев изменений климата Беларуси на базе ансамблевого подхода. Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра российской федерации, № 358. М.: Гидромет. науч.-исслед. центр РФ. С. 99–111.

Работа выполнена при поддержке гранта РГО-РФФИ 17-05-41118 РГО_a.

Коллектив авторов признателен проекту EU-FP6 ENSEMBLES (<http://ensembles.eu.metoffice.com>) за разработанный ими архив данных E-OBS v14.0, а также провайдеру данных ECA&D (<http://www.ecad.eu>)

УДК 502.3

В.В. Ершов, гидрогеолог 1 категории¹; М.М. Черепанский, д-р г.м. наук, ст. науч. сотр.²

¹ФГБУ Гидроспецгеология, ²Российский Государственный Геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

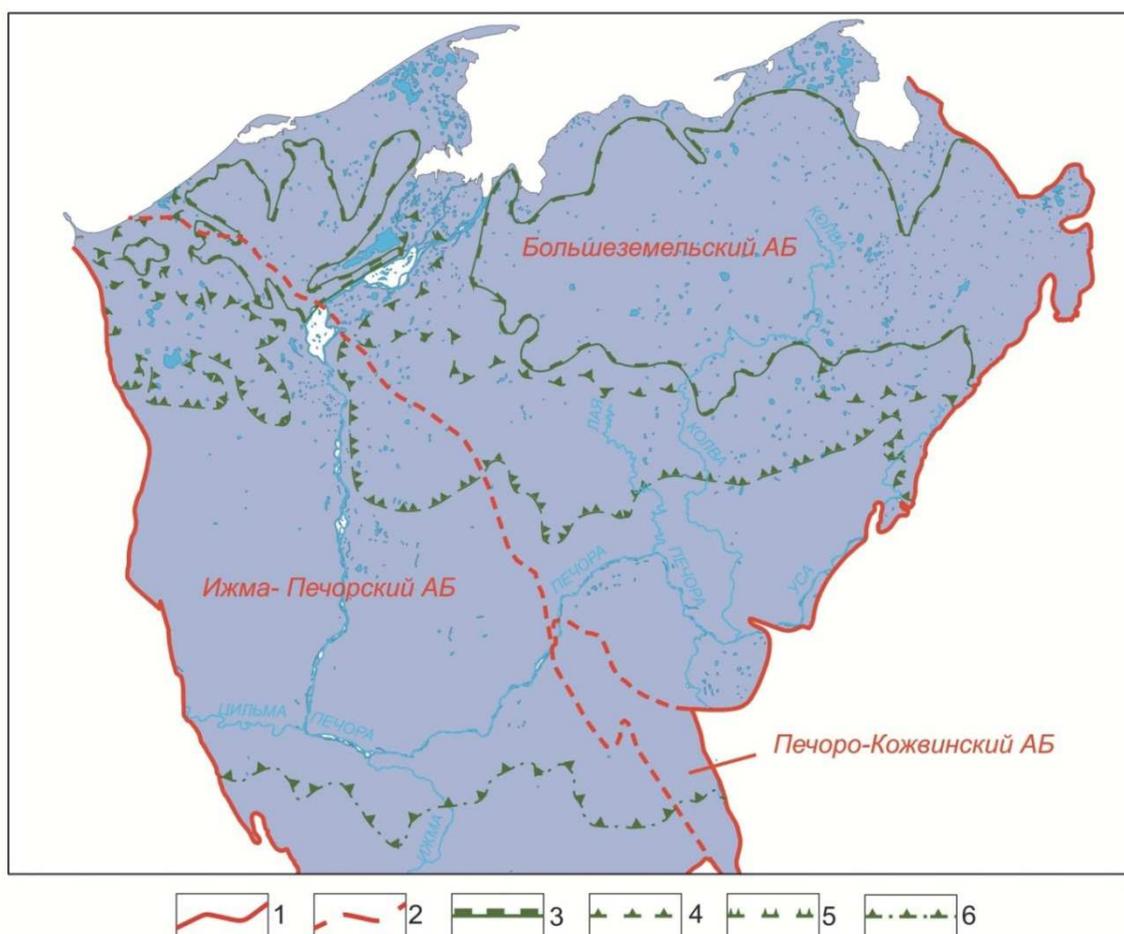
ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

В развитии народного хозяйства страны северные районы играют все большую роль. Печорский артезианский бассейн является одним из основных нефтегазоносных регионов Крайнего Севера. В Печоро-Уральском регионе открыто множество нефтяных и газовых месторождений, которые интенсивно осваиваются в последнее время. В связи с этим возникает необходимость оценки прогнозных ресурсов подземных вод в зонах многолетнемерзлых пород.

Печорский артезианский бассейн (ПАБ) входит в состав Тимано-Печорского сложного артезианского бассейна и, в свою очередь, состоит из бассейнов третьего порядка: Ижма-Печорского, Большеземельского и Печоро-Кожвинского (рисунок 1) [1]. Геоэкологические

условия на территории ПАБ весьма разнообразны, криолитозона занимает 56,7% его площади; она распространяется от северного побережья Баренцева (Печорского) моря до широты города Печора в центральной части территории [4].

Основной особенностью криолитозоны Печорского артезианского бассейна, является ее двухслойное строение, условия распространения и залегания мерзлых пород. В северной части бассейна мерзлые породы имеют преимущественно сплошное распространение с присутствием сквозных и несквозных таликов, которым приурочены подземные воды [2]. Область сплошного распространения ММП занимает сравнительно возвышенную северную часть региона, но не доходит до побережья. Вдоль побережья ММП имеют прерывистый характер распространения, что обусловлено наличием участков криопэгов в связи с засоленностью пород и поверхностных вод. Мощность мерзлых пород в зоне сплошного распространения достигает 500 м.



1 – граница гидрогеологической структуры первого порядка; 2 – граница гидрогеологической структуры второго порядка; 3 – граница распространения сплошной зоны многолетнемерзлых пород; 4 – граница распространения прерывистой зоны многолетнемерзлых пород; 5 – граница распространения массивно-островной зоны многолетнемерзлых пород; 6 – граница распространения островной зоны многолетнемерзлых пород.

Рисунок 1 – Зоны современных многолетнемерзлых пород.

Ввиду значительной заозеренности территории в данном районе, и присутствии морских отложений, здесь преобладают в основном несквозные талики и криопэги со среднегодовой температурой -1° -3° . Сплошное распространение мерзлых пород в этой части бассейна представлено отдельными массивами незначительной площади [2]. Южнее сплошное распространение ММП плавно переходит в прерывистое, а затем сменяется массивно-островным. Мощности ММП варьируются в пределах 50–300 м. В южной части бассейна

преобладает островное распространение ММП. Острова мерзлых пород хаотично располагаются и в центральной части бассейна, в основном сосредоточены у южной границы Большеземельского артезианского бассейна, где мощность мерзлых пород может достигать 100 м.

В процессе изучения ПАБ, появились новые данные о криолитозоне и подземных водах территории. Наличие новой информации, выявило потребность пересмотра и уточнения ряда прежних представлений о формировании подземных вод в геокриологических условиях.

Выполненные работы, позволили разделить криогенные толщи на четыре зоны: сплошного (90% ММП), прерывистого (50–90%), массивно-островного (20–50%) и островного (20%) развития ММП (рисунок 1).

Зона сплошного распространения ММП занимает 26,5% территории Печорского АБ или 46,8% территории его криолитозоны (рисунок 1). Мощность ММП в зоне их сплошного распространения 50–500 м, она максимальна на высоких водоразделах и резко сокращается в долинах рек. Мерзлые породы с максимальной мощностью 300–500 м сформировались в ледниковые эпохи верхнего неоплейстоцена; затем верхняя их часть протаяла в оптимум голоцена, и вновь промерзла в позднем голоцене. На равнинных участках температура мерзлых пород равна $-2 - -3^{\circ}\text{C}$, на вершинах холмов и гряд до $-4 - -4,5^{\circ}\text{C}$, а в отрицательных формах рельефа повышается до -1°C . Мощность слоя сезонного протаивания варьирует в пределах 0,9–1,4 м [2].

Зона прерывистого распространения ММП занимает 7,5% территории ПАБ и 13,1% его криолитозоны (рисунок 1). Мощность ММП колеблется от 50–300; в поймах рек и на склонах долин она сокращается до 25–30 м. На морском побережье мощность мерзлых пород в целом несколько меньше 50–100 м, а широко развитые здесь криопэги приводят к ее сокращению до 25–30 м [5]. Типичными фоновыми температурами *данной* зоны являются $-1 - -3^{\circ}\text{C}$. В этом диапазоне минимальные значения температур отмечены на плоскобугристых торфяниках и в пределах выпуклых вершин, гряд и холмов [2]. На плоских междуречьях характеризованы более мягкие температуры ($-1,5 - -0,5^{\circ}\text{C}$). На склоновых участках и отрицательных формах рельефа температура поднимается до ($0-0,5^{\circ}\text{C}$). На участках сквозных таликов температуры принимают положительный характер и равны $0-2,5^{\circ}\text{C}$. Мощность слоя сезонного протаивания в торфе составляет 0,5–0,8 м, в суглинках 0,8–1 м, в песках – 1,5–2 м.

Зона массивно-островного распространения ММП

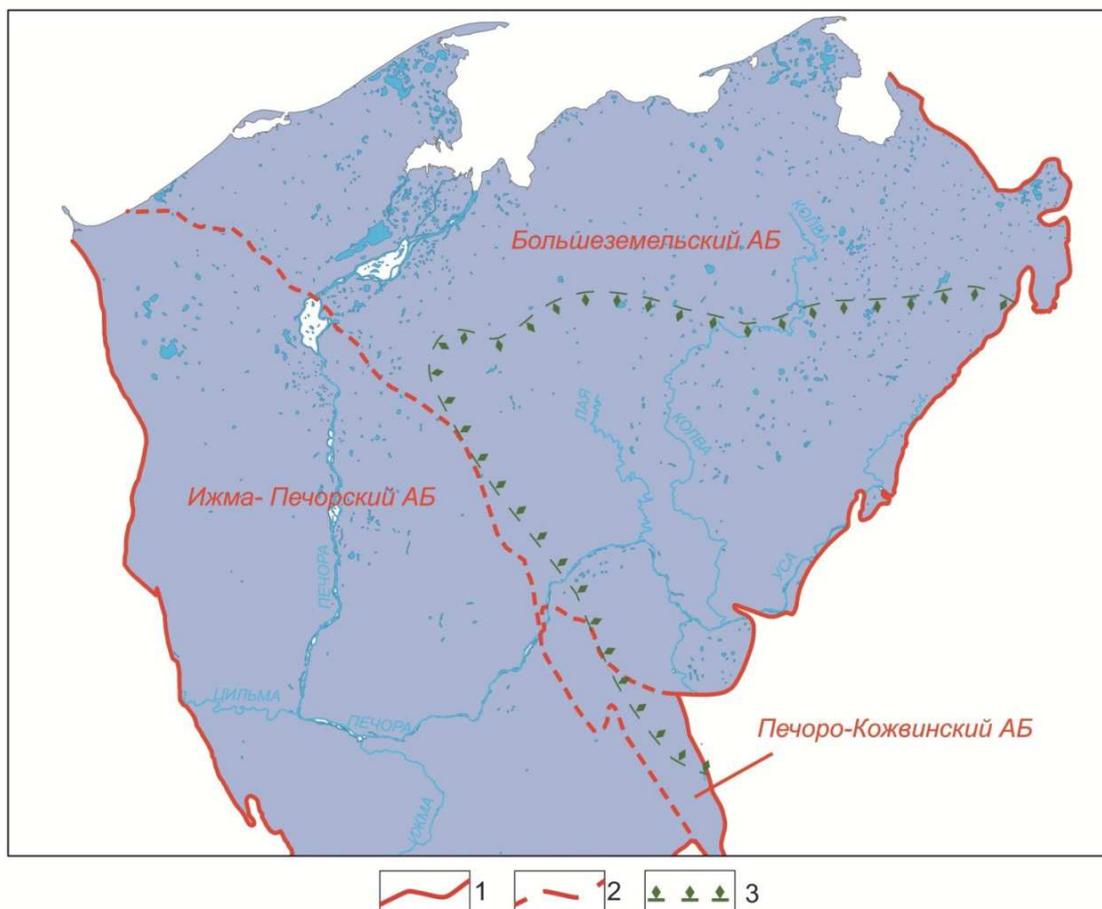
Многолетнемерзлые породы в данной зоне занимают 30–50% площади территории (рисунок 1). В северной части мерзлые породы приурочены к водораздельным участкам, в южной – к высоким надпойменным террасам и заболоченным низинам. В рассматриваемой зоне, широко распространены талики радиационного и гидрогенного типа. По природе образования талики делятся на сквозные и несквозные. Большинство сквозных и несквозных таликов распространены под руслами (и частично на поймах) рек и водотоков, в межблочных понижениях и полосах стока, заросших растительностью [4]. В северной части сквозные талики приурочены к понижениям более 30 м, а несквозные к понижениям от 10–15 до 25–30 м. При продвижении на юг, несквозные и сквозные талики начинают появляться в более узких полосах стока и понижениях. В самой южной части зоны массивно-островного распространения ММП сквозные талики приурочены к полосам стока и понижений более 10 м; а несквозные талики залегают в еще более мелких понижениях (до 5 м), мощность таких таликов незначительна и не превышает 5–10 м.

Зона островного распространения ММП. В этой зоне встречаются лишь отдельные острова маломощных (10–20 м) мерзлых пород, представленных торфами и подстилающими их заторфованными породами, на их долю приходится около 20% площади территории. В мелких межбугровых понижениях развиты несквозные талики (рисунок 1).

Установлена деградация современных ММП, на основе данных Государственного мониторинга состояния недр. Она проявляется в повышении их температуры, в уменьшении льдистости и ухудшении прочностных свойств отложений. Деградация на ландшафтах сложенных суглинистыми отложениями и торфами была «выше среднемноголетней» на 11–23%, а на ландшафтах с песчаными и гравийными грунтами более чем на 25%. Еще одно проявление деградации ММП – увеличения мощности несквозных таликов основных типов:

радиационно-тепловых и гидрогенных. Величины приращений их мощности на озерно-аллювиальных верхнеплейстоценовых равнинах варьировались за 2–3-летний период наблюдений от 1,0 м на слабо дренированных площадях до 2,3 м на дренированных. Также отмечены явления глубокого протаивания ММП при разработке месторождений нефти вокруг эксплуатационных и нагнетательных скважин, что нарушает инженерно-геологические и гидрогеологические условия и может привести к негативным последствиям.

Встречаются реликтовые ММП в центральной и юго-восточной части криолитозоны ПАБ, помимо рассмотренных современных ММП, (рисунок 2).



1 – граница гидрогеологической структуры первого порядка; 2 – граница гидрогеологической структуры второго порядка; 3 – граница распространения зоны реликтовых многолетнемерзлых пород;

Рисунок 2 – Реликтовые мерзлые толщи

Здесь криолитозона имеет двухслойное строение мерзлых пород [3]. В голоценовом оптимуме реликтовая криогенные толщи частично протаяла. Причем, в Северной зоне локально и не глубоко, поэтому позднее эта толща сомкнулась с голоценовыми ММП [5]. При продвижении на север, граница реликтовых ММП совпадает с границей современных ММП, образуя единую криогенную толщу. В районах, где мощности современных ММП не достаточно велики, и не достают до кровли реликтовых криогенные толщи, распространяются двухслойные толщи. В этом районе значительно увеличены площади сквозных таликов, обусловленных наличием нескольких рек. В основном реликтовые ММП образуют сплошные массивы с невысокой вероятностью наличия таликов. Глубина залегания подошвы реликтовых многолетнемерзлых пород в северной части составляет 400–500 м (глубина залегания кровли 300 м), в южной – 300–400 м (кровля 150–200 м). Сквозные талики возможны только под крупными водотоками (Печора, нижнее течение рек Усы и Колвы) и в зонах крупных региональных разломов.

Выявленные закономерности распространения реликтовых ММП определяются палеогеологическими и палеогеографическими условиями, что свидетельствуют об *отсутствии их связи с современной климатической зональностью*. Ввиду отсутствия связей реликтовых ММП с дневной поверхностью, деградация этих криогенных толщ практически не происходит. За исключением возможного расширения сквозных таликов, в связи с возможным увеличением объемов циркулирующей по ним воды.

Разделение криогенной толщи ПАБ на зоны различного распространения ММП, позволяет более углубленно рассматривать интересующие для изучения участки на исследуемой территории относительно ранее выделенных границ распространения ММП [3]. Необходимо учитывать зоны распространения ММП и их индивидуальные особенности при расчетах прогнозных ресурсов подземных вод. Наличие данных о глубинах залегания ММП позволят более детально картировать водоносность отложений, на локальном уровне. Для обоснованности геокриологических исследований следует рассматривать наличие каждой зоны и ее условий по бассейнам отдельно, что позволит, более точно оценить прогнозные ресурсы подземных вод.

Список использованных источников

1 Водолазская В.П., Опаренкова Л.И., Зархидзе Д.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации.

2 Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-40 (Печора). Объяснительная записка. – С.-Пб.: 2010.

3 Ершов Э.Д., Баулин В.В., Гарагуля Л.С., Романовский Н.Н. Геокриология СССР Европейская территория СССР. – М.: Недра, 1988.

4 Ершов Э.Д., Кондратьева К.А., Логинов В.Ф., Сычев И.К. Геокриологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. – М.: МГУ, 1991.

5 Оберман Н.Г. Криолитозона и подземные воды Печоро-Уральского региона. Автореферат докторской диссертации.- Якутск: 1992г.

6 Оберман Н.Г., Зархидзе В.С., Суходольский С.Е. и др. Геокриологические условия Европейской территории СССР и Урала. // Геокриология СССР. Европейская территория СССР. М., «Недра», 1988. С. 203–301.

УДК 556.512 (282.2) (476)

П.С. Лопух, проф., д-р. геогр. наук.
Белорусский государственный университет, г. Минск

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Целью данной работы является анализ условий формирования стока на территории Беларуси и перспективы корректировки гидрологического районирования территории Беларуси в условиях трансформации факторов формирования стока и неустойчивого климата.

Задачами исследования являются: анализ основных факторов формирования речного стока в условиях Беларуси; анализ пространственно-временных изменений норм стока; сравнение показателей стока на территории Беларуси до и после потепления; корректировка гидрологического районирования территории Беларуси в связи с существенным увеличением периода инструментальных наблюдений за стоком. Сток в речных системах является их движущей силой и рассматривается как важнейший природный процесс и интегральный показатель формирования водных ресурсов. Гидрологическое районирование является основой для рационального водопользования.

В основу гидрологического районирования любой территории должен быть положен комплексный географический подход, учитывающий три основополагающих принципа: бассейновый, ландшафтный и собственно гидрологический, отражающие ряд географических