

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.Н. Безкоровайная
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Изотопный состав природных вод на территории средней тайги

05.03.06 – Экология и природопользование
05.03.06.01 – Экология

Научный руководитель	_____	доцент, канд.биол.наук	<u>А.С. Прокушкин</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>В.Е. Видус</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>П.А. Красноперова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Изотопы воды в природе.....	5
2 Изотопный состав природных вод и его определение	7
3 Изотопный состав вод в гидрологических исследованиях	8
4 Зависимость между изотопным составом и температурой.....	18
5 Определение эксцесса дейтерия	22
6 Район и объекты исследования.....	27
7 Экспериментальная работа и лабораторные анализы	33
8 Результаты исследования.....	35
Заключение	44
Список использованных источников	45

ВВЕДЕНИЕ

Определение стабильных изотопов водорода и кислорода используется в качестве важной методики при исследовании динамики природных вод, их генезиса и гидрогеохимических эффектов при взаимодействии воды и пород[5,23].

Атмосферные осадки являются одним из важнейших компонентов при формировании изотопного состава водных объектов. В связи с этим в 1960 году была запущена Глобальная сеть изотопов в осадках (GNIP), совместно используемая Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) и Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Основной целью данной сети изотопов было предоставление базовой информации об изотопном составе осадков в глобальном масштабе[1]. Глобальная сеть изотопов в осадках, или GNIP, представляет собой сеть, осуществляющую наблюдения за содержанием изотопов кислорода и водорода.

Впервые взаимосвязь между D и ^{18}O для атмосферных осадков была установлена экспериментальным путем Г. Крейгом. Изменение изотопного состава метеорных вод разных широт происходит вдоль прямой линии, которая получила название линии Крейга («линия метеорных вод»). Ученый в 1961 г. определил абсолютные отношения изотопов водорода и кислорода в SMOW (Standard Mean Ocean Water). SMOW представляет собой среднюю пробу воды, отобранной из Атлантического, Тихого и Индийского океанов в интервале глубин от 500 до 2000 м, в районах, удаленных от континентального стока, и тщательно перемешанной [8].

В настоящее время в мире широко используются методы изотопной масс-спектрометрии, которые позволяют решить большое число проблем современной гидрогеохимии. Комплексное использование гидрогеохимических и изотопных исследований имеет большой потенциал для получения более подробной гидрогеологической информации, необходимой для быстрой и

эффективной оценки водных ресурсов и осуществление прогнозирования, востребованного в практической деятельности.

Цель исследования заключалась в изучении изотопного состава природных вод средней тайги в районе расположения международной обсерватории “ZOTTO”

Достижение намеченной цели предполагало решение следующих основных задач:

1. Изучить научную литературу по изотопному составу природных вод;
2. Проанализировать факторы, влияющие на изменения изотопного состава природных вод;
3. Систематизировать полученные данные изменения дейтерия и кислорода-18 в различных водных объектах района исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённого исследования определены характеристики изотопного состава ($\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$) атмосферных осадков, грунтовых вод и речного стока в Сымско – Дубческом междуречье (на примере района п. Зотино). Показаны отличия в изотопном составе атмосферных осадков района исследований в летний и зимний периоды. Выявлена зависимость изотопного состава и дейтериевого эксцесса летних осадков от температуры воздуха, указывающая на испарительное фракционирование воды. Получена локальная линия метеорных вод (LMWL, $\delta^2\text{H} = 7.6 \delta^{18}\text{O} + 2.3$).

Получены данные о динамике изотопного состава водотоков разного порядка в течение года, что позволило определить периоды снегового и дождевого питания. Выявлены различия в локальной линии испарения (LEL) для водотоков, дренирующих омбротрофные (руч. Развилки) и минеротрофные (руч. Горбатый) болотные комплексы. Дана характеристика изотопного состава грунтовых вод. Наблюдаемое смещение изотопных значений в отрицательную область ($\delta^{18}\text{O} < 18 \text{‰}$) свидетельствует о значительном вкладе снегового питания в формировании как поверхностных (53-56%), так и грунтовых вод (66-68%).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильчук, Ю. К. Изотопные вариации во льду торфяных и ледо-минеральных бугров пучения - пальза и литальза / Ю. К. Васильчук // Арктика и Антарктика. – 2018. – № 1. – С. 1 – 49.
2. Васильчук, Ю. К. Новые данные о тенденции и причинах изменения величины дейтериевого эксцесса в едином снегопаде / Ю. К. Васильчук // Доклады академии наук. – 2014. – Т. 459, № 1. – С. 109–111.
3. Ветштейн, В. Е. Изотопы кислорода и водорода природных вод СССР / В. Е. Ветштейн. – Ленинград: Издательство Недр, 1982. – 216 с.
4. Дублянский, Ю. В. Изотопный состав атмосферных осадков и карстовых источников северо-западного склона Крымских гор / Ю. В. Дублянский, А. Б. Климчук, Г. Н. Амеличев, С. В. Токарев // Спелеология и карстология. – 2012. – № 9. – С. 14–21.
5. Екайкин, А. А. Стабильные изотопы воды в гляциологии и палеогеографии : методическое пособие / А. А. Екайкин. – Санкт-Петербург, 2016. – 62 с.
6. Есиков, А. Д. Изотопная гидрогеология геотермальных систем / А. Д. Есиков. – Москва: Издательство Наука, 1989. – 208 с.
7. Казанцева, А. С. История изотопных исследований в гидрогеологии / А. С. Казанцева // Вектор ГеоНаук. – 2018. – Том 1, №3. – С. 11–22.
8. Малыгина, Н.С. Изотопный состав атмосферных осадков и снежного покрова в г. Якутске / Н. С. Малыгина, Т. С. Папина, А. Н. Эйрих// Наука и образование. – 2015. – № 3. – С. 10–15.
9. Норматов, П. И. Исследование изотопного состава воды ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) трансграничных рек Зеравшана, Вахша и их притоков / П. И. Норматов, Г. Т. Фрумин, А. О. Муминов, И. Ш. Норматов // Географический вестник. – 2017. – №4. – С. 97–104.

10. Пейн, Б. Р. Методы изотопной гидрологии — практическое решение водных проблем / Б. Р. Пейн // Бюллетень МАГАТЭ. — 2016. — Том 24, №3. — С. 9–12.
11. Поляков, В. А. Результаты изотопных исследований гидрогеологических и гидрологических объектов / В. А. Поляков, Э. А. Батова // Разведка и охрана недр. — 2009. — №9. — С. 61–64.
12. Сапожников, Ю. А. Изотопия гидросферы Земли / Ю. А. Сапожников // Водные ресурсы. — 2011. — Том 38, № 6. — С. 762–764.
13. Севостьянова, Е. М. Стабильные изотопы в минеральных водах / Е. М. Севостьянова // Разведка месторождений минеральных подземных вод. — 2015. — №1. — С. 44–47.
14. Селецкий, Ю. Б. Изотопные исследования / Ю. Б. Селецкий, В. А. Поляков // Разведка месторождений минеральных подземных вод. — 1990. — С. 99–110.
15. Синяк, Ю. Е. Оптимальный изотопный состав биогенных химических элементов на борту пилотируемых космических аппаратов / Ю. Е. Синяк, А. И. Григорьев // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 1996. — Том 30, № 4. — С. 26–35.
16. Тимохина, А. В. Динамика концентрации диоксида углерода над среднетаежными экосистемами Приенисейской Сибири (по данным измерений на обсерватории «ЗОТТО») : дис. канд. биол. наук : 03.02.08 / Тимохина Анастасия Владимировна. — Красноярск, 2017. — 165 с.
17. Токарев, И. В. Исследование условий формирования водного баланса Токтогульского водохранилища по изотопному составу воды ($\Delta^{2}\text{H}$, $\Delta^{18}\text{O}$) / И. В. Токарев, В. А. Поляков, А. А. Самсонова // Изучение факторов формирования и оценка влияния водохранилищ Нижне-Нарынского каскада ГЭС на качество водных ресурсов бассейна реки Нарын изотопными методами (по результатам проекта МНТЦ КР-1430, 2007-2010). — 2010 — С. 56–68.
18. Ферронский, В. И. Изотопия природных вод / В. И. Ферронский. — Москва: Издательство Наука, 1978. — 245 с.

19. Ферронский, В. И. Изотопы гидросферы Земли / В. И. Ферронский, В. А. Поляков. – Москва: Недра, 2009. – 632 с.
20. Шамов, В. В. Содержание изотопов ^2H и ^{18}O в водах горных речных бассейнов Приморья, Дальнего Востока России / В. В. Шамов, И. В. Токарев, Т. А. Михайлик, А. В. Козачек // Инновационные методы исследования в гидрологии. – 2018. – №3. – С. 258–262.
21. Шварцев, С. Л. Общая гидрология : учебник для вузов / С. Л. Шварцев. – Москва: Издательство Недра, 1996. – 423 с.
22. Ala-aho, P. Using stable isotopes to assess surface water source dynamics and hydrological connectivity in a high-latitude wetland and permafrost influenced landscape / P. Ala-aho, C. Soulsby, O.S. Pokrovsky, S.N. Kirpotin // Journal of Hydrology. – 2018. – №5. – P. 279–293.
23. Craig, H. Isotopic variations in meteoric waters / H. Craig // Science. – 1961. – Vol. 133, №3465. – P. 1702–1703.
24. Dansgaard, W. Stable isotopes in precipitation / W. Dansgaard // Tellus. – 1964. – Vol. 16. – P. 436–468.
25. Dubinina, E. O. Isotope parameters (δD , $\delta^{18}\text{O}$) and sources of freshwater input to Kara sea / E. O. Dubinina, S. A. Kossovaa, R. V. Fyaizullinab // Oceanology. – 2017. – Vol. 57, №1. – P. 31–40.
26. Froehlich, K Deuterium excess in precipitation and its climatological significance / K. Froehlich, J. Gibson, P. Aggarwal // In Proceedings of the Study of Environmental Change Using Isotope Techniques. – Austria, 2001. – P. 54–66.
27. Fengjing, L. Source waters and flow paths in an alpine catchment, Colorado Front Range, United States / L. Fengjing, M. Williams, N. Caine // Water resources research. – 2004. – Vol. 40, №10. – P. 1–16.
28. Gat, J. R. The isotopes of hydrogen and oxygen in precipitation / J. R. Gat, P. Fritz, // The Terrestrial Environment. – 1980. – Vol. 1. – P. 21–48.
29. Konishchev, V. N. Sublimation from a seasonal snow cover and an isotopic content of ice wedges in the light of a palaeoclimate reconstruction / V. N.

Konishchev, V. N. Golubev, S. A. Sokratov // *Permafrost*. – 2003. – Vol. – P. 585–590.

30. Kurita, N. Isotopic composition and origin of snow over Siberia / N. Kurita, A. Sugimoto, T. Fukazawa // *Geophysical research*. – 2005. – Vol. 110. P. 1–16.

31. Kurita N. Modern isotope climatology of Russia: A first assessment / N. Kurita, N. Yoshida, G. Inoue // *Geophysical research*. – 2004. – Vol. 109.

32. Merlivat, L. Global climatic interpretation of the deuterium-oxygen 18 relationship for precipitation / L. Merlivat, J. Jouzel // *Geophysical research*. – 1979. – №84. – P. 5029–5033.

33. Negandhi, K. Defining water sources and extent of evaporation of arctic thermokarst (thaw) ponds using water isotope tracers / K. Negandhi // *Geochemical Journal*. – 2013. – P. 388–401.

34. Ohta, T. Seasonal variation in the energy and water exchanges above and below a larch forest in eastern Siberia / T. Ohta, T. Hiyama, H. Tanaka, // *Hydrological Processes*. – 2001. – Vol. 15, №8. – P. 1459–1476.

35. Opel, T. Palaeoclimatic information from stable water isotopes of Holocene ice wedges on the Dmitrii Laptev Strait, northeast Siberia, Russia / T. Opel, A. Y. Dereviagin, H. Meyer // *Permafrost and Periglacial Processes*. – 2011. – Vol. 22. – P. 84–100.

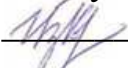
36. Peel, M. C. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification / M. C. Peel, B. L. Finlayson, T. A. McMahon // *Hydrology and Earth System Sciences*. – 2007. – Vol. 11, №5. – P. 1633–1644.

37. Pfahl, S. What controls deuterium excess in global precipitation? / S. Pfahl, H. Sodemann // *Climate of the Past*. – 2014. – №10. – P. 771–781.

38. Rozanski, K. Isotopic patterns in modern global precipitation / K. Rozanski, L. Araguas-Araguas, R. Gonfiantini // *Geophysical Research Atmospheres*. – 1993. – №78. – P. 1–36.

39. Sprenger, M. Soil water stable isotopes reveal evaporation dynamics at the soil–plant–atmosphere interface of the critical zone / M. Sprenger, D. Tetzlaff, C. Soulsby // *Hydrology and earth system sciences*. – 2017. – №21. – P. 3839–3858.
40. Streletskiy, D. A. Permafrost hydrology in changing climatic conditions: seasonal variability of stable isotope composition in rivers in discontinuous permafrost / D. A. Streletskiy, N. I. Tananaev, Th. Opel, N. I. Shiklomanov // *Environmental research letters*. – 2015. – Vol.10, №9. – P. 2–17.
41. Yi, Y. Isotopic signals (^{18}O , 2H , 3H) of six major rivers draining the pan-Arctic watershed / Y. Yi, J. J. Gibson, L. W. Cooper // *Global biogeochemical cycles*. – 2012. – Vol. 26, №10. – P. 1–9.
42. Wang, T. Entropy analysis of stable isotopes in precipitation: tracing the monsoon systems in China / T. Wang, J. Chen, L. Li // *Scientific Reports*. – 2016. – V. 6.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 И. Н. Безкоровайна
« 16 » июня 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Изотопный состав природных вод на территории средней тайги

05.03.06 – Экология и природопользование
05.03.06.01 – Экология

Научный руководитель	 подпись, дата	<u>доцент, канд.биол.наук</u> должность, ученая степень	<u>А.С. Прокушкин</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата	16.06.2020	<u>В.Е. Видус</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 подпись, дата	16.06.2020	<u>П.А. Красноперова</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2020