

ДЕЙТЕРИЙ В ВОДАХ ТЕЛЕЦКОГО БАССЕЙНА

В.Г. Иванов, А.М. Малолетко¹

Томский филиал СНИИГГиМС, г. Томск

¹ Томский государственный университет, г. Томск

Изотопный анализ подземных и поверхностных вод Прителецкого района на содержание тяжёлого стабильного изотопа водорода – дейтерия - авторами проводился усовершенствованным фотонейтронным методом на базе Томского исследовательского ядерного реактора. Результаты представлены в промилле (‰) относительно международного стандарта SMOW (средняя океаническая вода). Точность анализов $\pm 3-5$ ‰.

Среди всех разновидностей природных вод океаническая вода наиболее обогащена дейтерием и содержит его в количестве 0,0158 атомных процентов. Причём эта величина стабильна во времени. Разделение (фракционирование) изотопов водорода в природе происходит при фазовых переходах (испарении и конденсации). В процессе испарения воды первые порции пара содержат меньше дейтерия по сравнению с исходной водой. По этой причине атмосферные осадки являются более лёгкими (по содержанию дейтерия) по сравнению с исходной океанической водой.

При конденсации паров воды в атмосфере также происходит фракционирование изотопов водорода. В первую очередь конденсируется вода с большим содержанием молекул тяжеловодородной воды (D_2O). По мере продвижения вглубь континента атмосферные осадки становятся всё более и более обеднёнными дейтерием. Это явление называется эффектом удалённости от морского (океанического) побережья. При подъёме воздушных масс с парами воды вверх (к вершинам гор) у подножья горы конденсируются и выпадают в виде атмосферных осадков порции воды с большим содержанием дейтерия, а чем выше, тем всё более и более они становятся обеднёнными дейтерием. Это явление называется эффектом высоты. При конденсации паров воды в твёрдую фазу (снег) происходит дополнительное фракционирование изотопов водорода, вследствие чего снег оказывается более обеднённым дейтерием, чем дождь.

В районе Телецкого озера так же, как и во всей Западной Сибири, атмосферные осадки характеризуются содержанием дейтерия от -130 до -82 ‰ (т.е. они обеднены дейтерием по сравнению с океанической водой – международным стандартом – на 130–82 ‰, или на 13,0–8,2 ‰). Самыми лёгкими на Земле по содержанию дейтерия являются снега и лёд Антарктиды (-400 ‰, или -40 ‰).

В районе Телецкого озера изотопный состав вод поверхностных водотоков (ручьи), родников и вод, отобранных с разной глубины озера, свидетельствует о происхождении их за счёт атмосферных осадков. Но по бассейну озера наблюдаются некоторые вариации. Так, в северо-западной части как воды поверхностных водотоков, так и родников характеризуются более тяжёлым изотопным составом водорода, т.е. повышенным содержанием дейтерия (табл. 1). В первых (водотоки) содержание дейтерия меньше стандартного на величину от -106 до -88, в среднем -97 ‰, а в последних (родники) на величину от -103 до -87, в среднем -92 ‰. В юго-восточной части воды являются облегчёнными по содержанию тяжёлого водорода (дейтерия). Так, в водах ручьёв и рек содержание дейтерия варьирует в интервале от -100 до -111, в среднем -107 ‰, а в водах родников – от -115 до -101, в среднем -108 ‰.

Поверхностные воды и родники средней части озера по содержанию дейтерия занимают промежуточное положение. Первые содержат его в интервале от -102 до -112 при среднем значении -106 ‰, а вторые – от -130 до -82, в среднем -106 ‰.

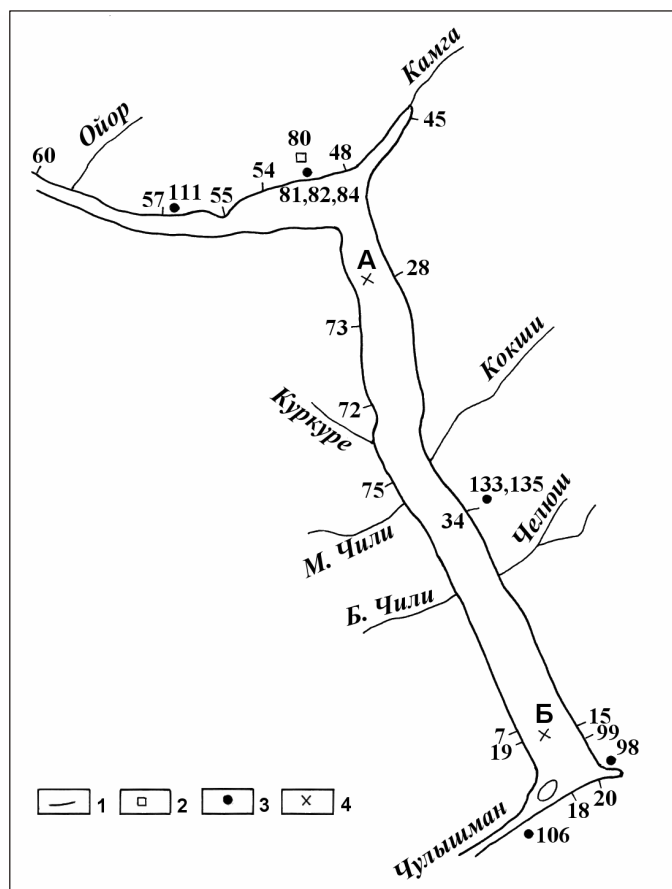


Рис. 1. Объекты, опробованные на дейтерий.

1 – ручьи; 2 – колодец; 3 – родники; 4 – озеро (вертикали: А – «Жорбу», Б – «Кырсай»)

1. Содержание дейтерия в природных водах (‰)

№, водотоки, озеро	δD	Среднее	№, родники, колодец	δD	Среднее
Северо–западная часть озера					
66, р. Куйдан	-88	-97	111, кордон Байгазан	-91	-92
57, Кумзир	-92		80, Яйлю, колодец озёрной станции,	-88	
55, ручей 25	-93		81, Яйлю, оползень 4	-93	
54, р. Б. Кобухта	-101		82, Яйлю, гостиница	-103	
48, ручей 23	-102		84, Яйлю у пекарни	-87	
Створ Корбу					
глубина 0,5 м	-97	-102			
глубина 100 м	-117				
глубина 200 м	-73				
глубина 316 м	-120				
Средняя часть озера					
28, ручей 18	-107	-106	133, Верх. Саратовки	-82	-106
73, ручей 29	-106		135, Ниж. Саратовки	-130	
72, ручей Ижон	-102				
75, р. Иштара	-104				
34, ручей Саратовки	-112				
Створ Кырсай					
глубина 0,5 м	-104	-104			
глубина 15 м	-103				
глубина 65 м	-105				
глубина 115 м	-102				
глубина 165 м	-108				
Юго–восточная часть озера					
7, р. Дволдын	-111	-107	106, Чульшманский Аржан – Атушта	-101	-108
19, ручей 9	-106		98, Чири нисходящий	-115	
15, руч. Кемелик	-100				
99, р. Карасу	-110				
18, ручей 11	-106				

Изучение содержания дейтерия по глубине озера показало, что чёткой зависимости от неё не наблюдается. Но содержание дейтерия в створе Корбу, расположенном в северо-западной части озера, несколько выше (от -120 до -73 при среднем -102 ‰) по сравнению со створом Кырсай, расположенном в юго-восточной части озера (от -103 до -108 при среднем значении -104 ‰).

Наиболее вероятной причиной такого распределения содержания дейтерия в районе Телецкого озера может быть эффект высоты, о чём было сказано выше. В юго-восточной части озера залегают метаморфические древние породы, граниты, гнейсы. Абсолютные отметки достигают 2500 м, в то время как в северо-западной - преимущественно осадочные породы и абсолютные отметки не превышают 1500 м. Вследствие этого атмосферные осадки юго-восточной части озера должны быть более обеднёнными дейтерием по сравнению с северо-западной. Поэтому поверхностные водотоки, родники, пополняющие озеро в юго-восточной части, обеднены дейтерием.

В северо-западной части озера атмосферные осадки за счёт эффекта высоты менее облегчённые. Всё это повлияло и на особенности распределения содержания дейтерия по протяжению Телецкого озера (некоторое отличие в содержании дейтерия в створах Корбу и Кырсай).

Таким образом, все природные воды района Телецкого озера атмосферного генезиса. Особенности распределения дейтерия обусловлены эффектом «высоты».

В порядке пожеланий на будущее следовало бы изучить атмосферные осадки на горных массивах северо-западной и юго-восточной частей озера.