

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Банцева Дмитрия Вадимовича на тему: «Изотопный состав компонентов нивально-гляциальных систем Юго-Восточного Алтая как индикатор их стокоформирующих особенностей», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

Диссертационная работа Банцева Дмитрия Вадимовича «Изотопный состав компонентов нивально-гляциальных систем Юго-Восточного Алтая как индикатор их стокоформирующих особенностей» посвящена актуальной проблеме воздействия современного оледенения на высокогорные ландшафты на основе изучения структуры стока с нивально-гляциальных систем Юго-Восточного Алтая. В этих целях автор использует комплекс новых для данной территории методов изотопных исследований водного баланса ледниковых рек и питающих их ледников.

Диссертация состоит из семи глав, введения, заключения, списка литературы, насчитывающего 78 источников, 40 из которых – на английском языке. Все публикации из этого списка упомянуты в тексте по существу и в соответствии с обсуждаемыми вопросами. Работа изложена на 93 страницах, содержит 42 иллюстрации и 13 таблиц.

Во *Введении* изложены все важнейшие положения исследования, характеризующие диссертационную работу. Актуальность темы объясняется необходимостью изучения стабильных изотопов воды (дейтерия и кислорода-18), как маркеров/индикаторов меняющихся условий окружающей среды, и влияния этих изменений на функционирование нивально-гляциальных систем в районах аридного высокогорья. Ясна и понятна цель работы, достижение которой обеспечивается последовательным решением поставленных задач. Фактический материал, использованный в работе, представлен 800 пробами воды для их последующего изотопного анализа, данными о расходе воды на временных гидропостах и результатами краткосрочных метеонаблюдений. Основным методом исследования являлся изотопный анализ воды для определения относительных концентраций кислорода-18 и дейтерия.

Научная новизна работы заключается в использовании новейших и до этого редко применявшихся методов изотопного анализа талых вод для изучения ледникового стока аридных высокогорий Алтая. Практическая значимость диссертационного исследования не вызывает сомнения, поскольку изучение стока и водного баланса высокогорных рек Юго-Восточного Алтая, характеризующегося аридным климатом, необходимо для оценки обеспеченности региона водными ресурсами, особенно в условиях глобальных климатических изменений.

Автор диссертации заявляет три *защищаемых положения*, суть которых кратко выглядит, как:

- изотопный состав талых ледниковых вод отражает уменьшение вклада сезонного снега и фирна с поверхности ледников и повышение вклада талых ледниковых вод в сток по мере усиления континентальности климата;
- установлена взаимосвязь между изотопным составом талых вод и морфологическим типом ледника, зафиксированная различиями в изотопном составе стокоформирующих компонентов;

- изотопный состав ледникового льда Юго-Восточного Алтая различен и отражает местные особенности аккумуляции стабильных изотопов, что позволяет оценить типы льдообразования ледников региона.

По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в список ВАК России и 5 статей в журналах, индексируемых в базе данных Scopus.

В *Главе 1* изложены теоретические основы изотопного ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$) состава природных вод, схематически показано фракционирование изотопов кислорода при круговороте воды в природе, рассмотрены сезонный, широтный, высотный и континентальный эффекты изменений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ как следствие влияния температуры на распределение изотопного состава атмосферных осадков.

Глава 2 представляет методику отбора образцов воды, снега, фирна, ледникового льда, атмосферных осадков. Анализ изотопных характеристик отобранных проб производился на газовом анализаторе Picarro L2120-i.

Замечания:

– какова методика отбора атмосферных осадков (?), в засушливых жарких районах возможно испарение непосредственно во время отбора с поверхности дождемера (автор отмечает наличие «...осадков, отличавшихся слабой интенсивностью»), кроме того, эта проблема определяет способ интерпретации данных, представленных на рисунках 6.24 и 6.29;
– величина *ppt* – *parts per million* переводится не как «частицы на миллион», а как «частей на миллион».

В *Главе 3* рассматриваются практические аспекты изотопного метода в изучении горных территорий. При этом широко используются 2 подхода к изотопным исследованиям в высокогорных районах: глубокое керновое бурение горных ледников с целью получения климатических реконструкций и исследование условий формирования стока горных рек с использованием стабильных изотопов воды в качестве трассеров. Показано, что ближайшие к месту проведения настоящего исследования районы, где производилось изучение изотопного состава талых вод гляциально-нивальных систем, находятся на территории Китая (в районе р. Урумчи и на севере Тибетского Нагорья).

Замечания:

– в обзорной части следовало привести абсолютные значения параметров $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$, представленных в литературе и относящихся к исследуемому району, поскольку это позволило бы а) оценить высотный эффект облегчения осадков и сопоставить его с полученными данными (возможность влияния высотного эффекта в рассматриваемом районе обсуждается, например, на стр. 46); б) идентифицировать вклад испарения в изотопный состав стока и, возможно, оценить его количественно;
– чем объясняется изменение словосочетания «ниважно-гляциальные системы» в названии диссертации на «гляциально-ниважные системы» в Гл. 3 на стр. 14?

Глава 4 посвящена физико-географической характеристике районов исследования, расположенных на территории Юго-Восточного и Монгольского Алтая. Приведены сведения о географическом положении, орографических и климатических особенностях, дана общая характеристика современного оледенения в пределах Юго-Восточного Алтая, на карте-схеме показаны исследованные в работе районы (массивы Монгун-Тайга, Табын-Богдо-Ола, Цамбагарав, Ценгел-Хайрхан, хребет Чихачева) и места расположения метеостанций.

В *Главе 5* представлены результаты изучения изотопного состава атмосферных осадков на материале дождевых и снежных проб. По данным изотопного состава осадков показано, что доминирующим источником влаги для Юго-Восточного Алтая в период 2012 – 2017 гг. являлась акватория Атлантического океана. При этом наиболее легкий изотопный состав и наибольшее значение дейтериевого эксцесса имеют осадки, принесенные из северной Атлантики, а осадки, сформированные в южной Атлантике, и осадки, принесенные из внутренней Азии, имеют наиболее тяжелый изотопный состав и наименьшее значение дейтериевого эксцесса. Приведены также данные по сезонным изменениям среднего значения измеренного изотопного ($\delta^{18}\text{O}$) состава осадков для трех основных районов отбора – массивов Табын-Богдо-Ола, Монгун-Тайга, Цамбагарав.

Замечания:

- на стр. 28 приведено утверждение «Для фрагментарного (снежного) покрова значения $\delta^{18}\text{O}$ тяжелее, что отражает изотопное фракционирование при таянии.», что не соответствует физике процесса. В действительности утяжеление фрагментированного снежного покрова (учитывая время опробования) связано с его деградацией под влиянием дождевых осадков, которые а priori должны быть изотопически тяжелее снега;
- полезно было бы на диаграмме $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$ (Рисунок 3.1) привести данные из ссылки (Yamanaka et al., 2007);
- не расшифрован смысл аббревиатуры OIPС;
- регулярно используется устаревшее обозначение δD вместо корректного $\delta^2\text{H}$.

В *Главе 6* приведены результаты детальных изотопных исследований ледникового льда, талых ледниковых и речных вод, снежно-фирновой толщи в целях выявления особенностей формирования ледникового стока в пределах заявленных в работе районов на территории Юго-Восточного Алтая.

Показано, что основным компонентом речных вод массива Табын-Богдо-Ола (монгольская часть массива) являются талые ледниковые воды (в стоке р. Цаган-Ус) при незначительном вкладе неледниковых источников. Также выявлена основная роль в питании ледников массива (на примере изучения ледника Козлова) осадков переходных сезонов - осени и весны. Для стока с большинства ледников российской части массива Табын-Богдо-Ола характерно большее влияние сезонного снега, что подтверждается высокой изменчивостью изотопного состава талых вод в зависимости от изотопного состава сезонного снега на поверхности ледников. При этом соотношение снежной и ледяной компоненты в ледниковом стоке изменяется в зависимости от размера и морфологического типа ледника.

Для крупных долинных ледников массива Цамбагарав вклад талых снеговых вод с поверхности ледников в середине сезона абляции не превышает 30%, что, по мнению автора, предполагает существенную роль древнего ледникового льда в формировании стока и при дальнейшей деградации современного оледенения может отразиться на водном балансе региона. Показано также, что в формировании льда на территории массива в первую очередь принимают участие весенние и осенние осадки.

Изотопный состав водотоков массива Монгун-Тайга свидетельствует о преобладании ледникового льда в формировании стока с территории массива, что может объясняться высокой степенью аридности территории и наличием относительно крупных долинных ледников. Отмечен преобладающий вклад весенних и осенних осадков в питание ледников массива.

Вклад ледниковых вод в сток реки Караюк в районе хребта Чихачева несколько превышает 50%, что говорит о незначительном влиянии современного оледенения в формировании стока реки. Значения $\delta^{18}\text{O}$ в талой воде массива Ценгел-Хайрхан свидетельствуют о весьма заметном вкладе в сток сезонного снега с различным изотопным составом.

Замечания:

- на стр. 29 сказано: «По данным метеостанции в п. Кош-Агач ..., во внутригодовом распределении преобладают летние осадки, их доля составляет 70%. в г. Ховд ... 80 % (Чистяков и др., 2015). По метеостанции Бертек ... 80 %.» и далее подразумевается, что собранные в течение 4-х сезонов летние осадки характеризуют данную составляющую водного и изотопного баланса, однако при этом в расчетах игнорируются потери на испарение;
- Рисунок 6.2 (а также все остальные рисунки до конца главы, при построении которых использован параметр $\delta^{18}\text{O}$) следовало отформатировать по оси ординат таким образом, чтобы размах изменений $\delta^{18}\text{O}$ от -17,8 ‰ до -17,1 ‰ был заметен на графике, так как вариации $\delta^{18}\text{O}$ на 0,7 ‰ существенно превышают ошибку измерений, то есть, являются значимыми;
- для лучшего понимания распределения изотопных данных (значений $\delta^{18}\text{O}$ и эксцесса дейтерия (dexs)) по глубине снежно-фирновых шурфов, представленных в ряде рисунков Главы 6, следовало бы добавить временную шкалу или указать, за какой период времени сформировалась анализируемая толща;
- правильным было бы разместить рисунки 6.3 и 6.4, а также 6.6 и 6.7 рядом, совместив шкалу глубин, что позволило бы легче сравнивать представленные результаты;
- таблицу 6.2 следовало дополнить количественными данными с характеристиками ледников (например, площадь, высота размещения языка, ориентация относительно наивысших ближайших водоразделов и т.п.), что позволило бы понять увязку доли сезонного снега в стоке в зависимости от морфологии ледника и его пространственного положения;
- на стр. 51 (второй абзац) дается ссылка на таблицу 4, отсутствующую в тексте
- в таблице 6.6 для «Потока с ледника № 9» указан «Диапазон $\delta^{18}\text{O}$ » (кстати, без указания размерности) «-15,2; 15,6» вероятно имеется в виду «-15,2; -15,6»(?);
- на стр. 66–67 обсуждаются работы, проведенные на леднике Восточный Мугур в 2012 году, однако данные приведены только в виде диапазона изменения $\delta^{18}\text{O}$, что делает этот кусок текста малоинформативным (по видимому, его можно резко сократить или вообще дать в виде примечания к таблице 6.9);
- в таблице 6.10 «Результаты измерений на реке Мугур» третий столбец обозначен как «Мин. (PPM)», что, вероятно, обозначает «Минерализация (ppm)»(?).

В Главе 7 проводится сравнение и обобщение полученных данных по изотопному составу ледникового льда, снежно-фирновой толщи, талых вод для основных исследованных районов Юго-Восточного Алтая. Показано, что различия в изотопном составе талых вод объясняются разным соотношением вкладов стокоформирующих компонентов. Отмечено также, что изотопный состав талой воды долинных ледников, как правило, наиболее низкий и постоянный, определяется большей ролью ледникового льда в формировании стока и, как следствие, меньшей зависимостью стока с ледников от количества и характера сезонных осадков. При этом снежно-фирновая толща большинства

районов Юго-Восточного Алтая сложена в основном осадками поздней весны и раннего лета.

Замечание:

– на стр. 78 сказано: «Повышение средних значений и уменьшение разброса $\delta^{18}\text{O}$ в пробах ледникового льда на территории остальных массивов (ледник Аргамджи и ледник Восточный Мугур) связано с усилением аридности и, как следствие, с уменьшением годового количества осадков и повышением доли летних осадков в питании ледников.» является спорным, так как утяжеление изотопного состава осадков коррелирует с повышением температуры, но, одновременно, увеличивает долю испарения, поэтому без балансовых расчетов это утверждение можно принять только на веру.

В разделе «*Заключение*» на основе всех полученных в работе результатов даны конкретные выводы, которые соответствуют поставленным задачам и, в целом, заявленным защищаемым положениям.

Выполненный объем исследований и большой массив полученных данных в полной мере достаточен для обоснования выводов и достоверности результатов работы.

В работе имеются явные опечатки, например: «...используется большой количество...» на стр. 14 или «...поскольку зимние изотопно-легкий осадки...» на стр. 79, иногда по тексту отсутствуют запятые и точки в конце предложений.

Сделанные замечания и отмеченные в тексте опечатки не снижают уровень полученных результатов. Диссертация написана хорошим языком, видна логика изложения материала, снабжена необходимыми иллюстрациями. Основные результаты исследования опубликованы в отечественной и зарубежной печати.

Диссертация Банцева Дмитрия Вадимовича на тему: «Изотопный состав компонентов нивально-гляциальных систем Юго-Восточного Алтая как индикатор их стокоформирующих особенностей» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Банцев Дмитрий Вадимович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Председатель диссертационного совета
доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры геоморфологии,
и.о. зав. кафедрой геоморфологии
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский
государственный университет»



Кузнецов Владислав Юрьевич

13.02.2021