

свидетельствует о более стабильных условиях для полярных шапок Марса. Возможно, в очень отдаленную эпоху скорость изменения i для Марса была более высокой, и углы наклона достигали высоких значений. Это могло приводить к таянию полярных шапок и появлению мощных рек, следы от которых сейчас наблюдаются на Марсе. Так ли это? Дальнейшие исследования движений планет дадут ответ на этот вопрос.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смутьский И.И. Теория взаимодействия. – Новосибирск: Из-во Новосиб. ун-та, НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1999 г. – 294 с.
2. Мельников В.П., Сульский И.И., Кротов О.И., Смутьский Л.И. Орбиты Земли и Солнца и возможные воздействия на криосферу Земли (постановка проблемы и первые результаты)// Криосфера Земли. - 2000, т. IV, №3, с. 3-13.
3. Астрономический ежегодник СССР на 1949 г. – М.-Л.– 1947 г.
4. Астрономический ежегодник СССР на 1994 г. – М.-Л.– 1992 г.
5. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. – М.-Л. –ГОНТИ. – 1939. –207 с.
6. Вурком А. Астрономическая теория изменений климата. – В кн. Изменение климата. – М.: ИИЛ. – 1958.
7. Шараф Ш.Г. и Будникова Н. А. О вековых изменениях элементов орбиты Земли, влияющих на климаты геологического прошлого.//Бюл. ИТА АН СССР. – 1967, вып. 11, № 4. – С. 231 – 261.

Н. Г. Украинцева, М. О. Лейбман*, И. Д. Стрелецкая, П. Б. Гребенников

(Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова;

*Институт криосферы Земли СО РАН)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КРИОГЕННОГО ОПОЛЗАНИЯ В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ МЕРЗЛЫХ ПОРОД (П-ОВ ЯМАЛ)

Оползневые процессы широко распространены в подзоне типичных тундр Ямала, активно перерабатывая первичную поверхность морских равнин и террас. Крупные массы горных пород смещаются вниз по склону на десятки и сотни метров. «Зеркалом» скольжения криогенных оползней служат высокоступчатые породы у основания сезонно-талого слоя (СТС) [2, 3, 5]. Своеобразие оползней Ямала заключается в том, что они приурочены к породам морского засоления, не протаивавшим в теплые эпохи и сохранившим достаточно высокую седиментационную засоленность. Криогенное оползание, помимо смещения горных пород, приводит к перераспределению растворенных

веществ в СТС и к формированию нового СТС в породах, до оползания находившихся в многолетнемерзлом состоянии [1, 4, 7]. Морфологические элементы оползневых склонов различаются по минерализации и химическому составу почв и почвенных вод (вод СТС), по фитомассе и биологической аккумуляции микроэлементов в растительных сообществах [3, 8, 9, 10, 11].

Для детального исследования криогенных оползней в 1997 году на стационаре «Васькины дачи» на Центральном Ямале были заложены профили, пересекающие оползневые склоны по катене: от стабильной водораздельной поверхности через стенки отрыва и поверхности скольжения до фронтальной части оползневых тел. По профилям отобраны образцы и определено содержание воднорастворимых солей в СТС, в кровле многолетнемерзлых пород (ММП) и в водах СТС. Взяты укосы (травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы) с площадок 0,5 x 0,5 м и рассчитаны запасы надземной фитомассы напочвенного покрова. Определены запасы надземной фитомассы высокоствольных ивняков на опытных геоботанических площадках (3x3 и 5x5 м).

Профиль «Озеро» проложен по древнему оползневому склону протяженностью 850 м с амплитудой высот 26 м (от 47,5 м до 21,5 м – урез воды в озере). Продольный профиль склона не выработан, склон представляет собой чередование вогнутых и выпуклых участков разного размера. Если предположить, что это, соответственно, поверхности скольжения и оползневые тела, значит, на склоне прошло несколько циклов криогенного оползания. Эту гипотезу подтверждают результаты сокращенного химического анализа водной вытяжки из пород СТС.

Концентрация основных воднорастворимых ионов в СТС на глубинах 0,4-0,5 м испытывает резкие колебания и существенно зависит от морфологии склона (рис. 1). Повышенная минерализация пород определяется высоким содержанием Na^+ , и более плавным ростом концентрации Cl^- . Это говорит об изначально морском происхождении толщи, а также о том, что она относительно недавно попала в слой сезонного оттаивания (т.к. ионы Cl^- и Na^+ очень подвижны).

Анализ распределения анионов и катионов по морфологическим элементам склона показал существенные различия в минерализации выпуклых (трансэлювиальных) и вогнутых (трансаккумулятивных) элементов катены. Данные сопоставлены с аналогичными элементами фоновых поверхностей –

выпуклыми вершинами холмов и вогнутыми седловинами и водосборами. На выпуклых поверхностях (как на вершинах, так и на оползневых телах) содержание воднорастворимых солей существенно (почти в 5 раз) ниже, чем на вогнутых поверхностях (водосборах и поверхностях скольжения, рис. 2 и 3). Вниз по склону изменение содержания основных ионов на выпуклых оползневых телах незначительно (линейный тренд для катионов – снижение содержания, а анионов – некоторое повышение содержания, рис. 2).

Рис. 1 Химический состав водной вытяжки из пород СТС по профилю "Озеро"

ВП-водораздельная поверхность, ПС-поверхность скольжения, ТО-тело оползня

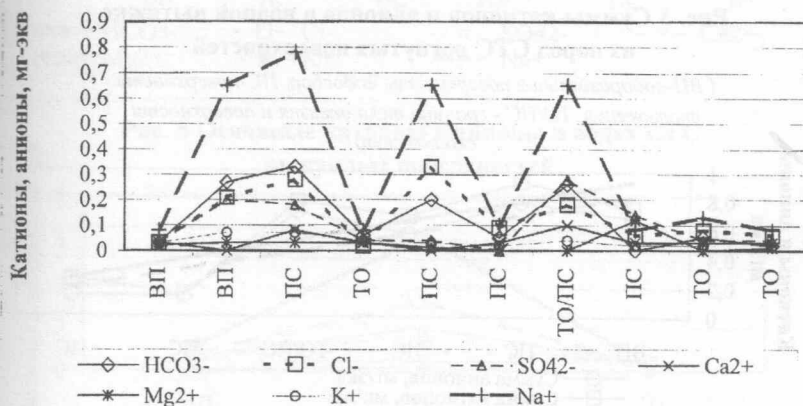


Рис. 2 Суммы катионов и анионов в водной вытяжке из пород СТС выпуклых поверхностей

(ВП-водораздельные поверхности, плоские и выпуклые, ТО - тело оползня)



Содержание катионов и анионов для вогнутых поверхностей (рис. 3) характеризуется значительным линейным трендом, снижаясь в 4 раза от во-

досбора на вершине и поверхности скольжения в верхней части склона к поверхностям скольжения у подножья склона. Если бы оползни формировались на однородной засоленной морской толще, то верхние оползни можно было бы считать моложе нижних. Однако поверхности скольжения в нижней части склона морфологически выражены четко и явно моложе по растительному покрову: здесь господствуют травяные луга. Значит, оползни в верхней части склона выводили на поверхность сильно засоленную морскую толщу, а в нижней части склона – диагенетически преобразованные (частично рассоленные) отложения. Этим объясняется низкая минерализация более молодых нижних оползней.

Рис. 3 Суммы катионов и анионов в водной вытяжке из пород СТС вогнутых поверхностей

(ВП-водораздельная поверхность, водосбор, ПС-поверхности скольжения, ТО/ПС - граница тела оползня и поверхности скольжения)



Химический состав вод СТС того же склона также неоднороден. Пробы воды, взятые в течение 2-3 дней в одинаковых погодных условиях, характеризовались минерализацией в широком диапазоне от 0,05 до 2 г/л. На рис. 4 и 5 показано распределение катионов и анионов вниз по склону от водораздельной поверхности до фронтальной части оползня и омывающего ее озера для вогнутых и выпуклых поверхностей. Наиболее высокая минерализация, в 5-30 раз превышающая фоновые значения, свойственна вогнутым поверхностям скольжения оползней (рис.4). Причем состав воды – хлоридно-натриевый в соответствии с составом солей вмещающих отложений [1, 7, 9].

На выпуклых поверхностях (фрагментах оползневых тел) вода также может показывать относительно высокую минерализацию (рис. 5). Однако, состав солей в этом случае гидрокарбонатно-магниевый, что свидетельствует

● значительном разбавлении грунтового стока атмосферными осадками и выносе наиболее подвижных ионов Na^+ и Cl^- .

Рис. 4 Основные катионы и анионы в водах СТС вогнутых поверхностей



Рис. 5 Основные катионы и анионы в водах СТС выпуклых поверхностей



Для оценки развития процесса перераспределения вещества во времени рассмотрен оползневой цирк с разновозрастными (молодыми и старыми) оползнями (рис. 6). Ограниченные данные позволяют лишь заключить, что молодые оползни характеризуются гораздо более высокой минерализацией вод СТС, чем старые и в десятки раз более высокой, чем фоновые водораздельные поверхности. Воды СТС старых поверхностей скольжения более минерализованы, чем воды оползневых тел того же возраста, на молодых поверхностях скольжения воду отобрать не удалось. Тип воды в оползневом цирке — хлоридно-натриевый, только в наиболее промытых фрагментах старых оползней воды гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые (рис. 6).

Рис. 6 Химический состав вод СТС на разновозрастных оползнях



Особенности химического состава пород и вод СТС четко отражаются в растительном покрове оползневых склонов, в его структуре и продуктивности (рис. 7). Запасы надземной фитомассы молодых и старых оползневых склонов в 1,3-2 раза ниже фоновых, а древних склонов – в 1,2-2 раза выше и достигают значений 1700 г/м². В структуре фитомассы водоразделов и стабильных склонов (фон) резко преобладают мхи (800-900 г/м² – до 80% общего запаса), доля кустарникового яруса невелика (10-20%), в его составе доминируют ерники. Фитомасса ивы составляет менее 15% общей надземной фитомассы на вершинах холмов и стабильных склонах, на молодых оползнях она увеличивается до 60%, а на древних – до 80-90% от общего запаса (рис. 7).

Причина такого распределения фитомассы по морфологическим элементам заключается как в неустойчивости субстрата, так и в его повышенной минерализации, что препятствует развитию мохового покрова. Сукцессионный ряд растительных группировок завершается на древних оползнях формированием высокоствольных ивняковых сообществ (запас фитомассы кустарников 800-1200 г/м²), в напочвенном покрове которых значительна доля трав (до 200-300 г/м²). Фитомасса мхов примерно равна травяному ярусу (200-400 г/м²).

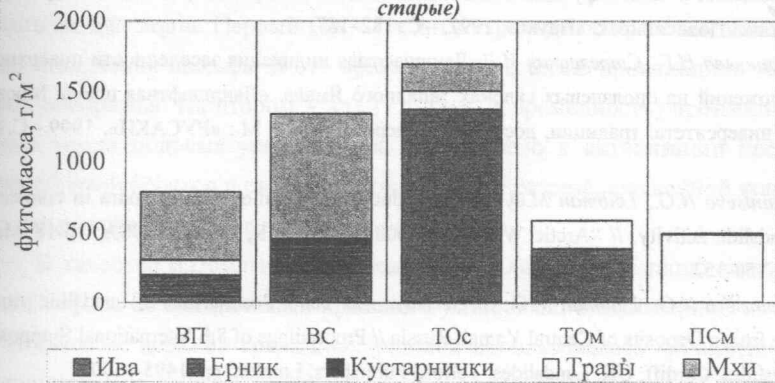
Анализ последствий криогенного оползания в районах распространения засоленных мерзлых пород п-ова Ямал показал, что:

- оползневые процессы в таких районах определяют химизм и минерализацию пород и вод сезонно-талого слоя на склонах; перераспределение ионов в поровом растворе и водах сезонно-талого слоя регулируется морфоло-

гней поверхности и различается на фоновых водораздельных поверхностях, поверхностях скольжения и оползневых телах разного возраста;

- на древних оползневых склонах запас надземной фитомассы растительного покрова в 1,5-2 раза выше фонового за счет высокоствольных ивняков; существенное увеличение фитомассы ивняков в типичной тундре можно объяснить совместным действием двух ведущих факторов: засоленности подстилающих СТС мерзлых пород криогенного оползания. Специфические процессы рассоления и миграции химических элементов в СТС дают дополнительное питание возобновляющимся на поверхности оползней ивняковым сообществам.

Рис. 7 Запасы надземной фитомассы растительных сообществ на разных элементах рельефа (ВП-водораздельные поверхности, ВС-стабильные склоны, ТО-тела оползней, ПС-поверхности скольжения, м-молодые, с-старые)



Исследования проводились при поддержке РФФИ, грант № 98-05-65061, Программы "Университеты России - фундаментальные исследования", проект 8 – 5039, а также Программы Президента РФ «Ведущие научные школы», грант 00-15-98505.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубиков Г.И., Иванова Н.В., Стрелецкая И.Д. Засоленность мерзлых грунтов и криопэги. // Инженерно-геологический мониторинг промыслов Ямала. Том II: Геокриологические условия освоения Бованенковского месторождения. Тюмень: ИПСО СО РАН, 1996. - С.27-37.
2. Жигарев Л. С. Термоденудационные процессы и деформационное поведение протаивающих грунтов. М.: «Наука», 1975. – 110 с.

3. Лейбман М.О. Криолитологические особенности сезонноталого слоя на склонах в связи с процессом криогенного оползания // Криосфера Земли, 1997, т.1, №2, с.50-55.
4. Лейбман М.О., Стрелецкая И.Д. Миграция химических элементов и ионов в сезонноталом слое и верхнем горизонте ММП в связи с процессами термоденудации на Ямале. Материалы первой конференции геокриологов России, Сб. Докладов, кн.2, Москва, Геологический ф-т МГУ, 1996 г., с.390 -398.
5. Ребристая О.В., Хитун О.В., Чернядьева И.В., Лейбман М.О. Динамика растительности на криогенных оползнях в центральной части полуострова Ямал // Ботанический журнал, 1995, т.80, № 4, с.31-48.
6. Познанин В. Л., Суходольский С. Е. Криогенные процессы и явления // Инженерно-геологический мониторинг промыслов Ямала. Том 2: Геокриологические условия освоения Бованенковского месторождения. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1996. – С. 60–73.
7. Тентюков М.П. Геохимия ландшафтов Центрального Ямала. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 101 с.
8. Украинцева Н. Г. Ивняковые тундры Ямала как индикатор засоленности поверхностных отложений // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск: «Наука», 1997. – С. 182–187.
9. Украинцева Н.Г., Стрелецкая И.Д. Ландшафтная индикация засоленности поверхностных отложений на оползневых склонах Западного Ямала. «Ландшафтная школа Московского Университета: традиции, достижения, перспективы». М.: «РУСАКИ», 1999.- С.120-129.
10. Ukraintseva N.G., Leibman M.O. 2000. Productivity of willow-shrub tundra in connection with landslide activity. // "Arctic Workshop 2000", INSTAAR, Boulder, USA, 16-18 March 2000. P. 150-152.
11. Ukraintseva N.G., Leibman M.O., Streletskaia I.D. 2000. Peculiarities of Landslide process in saline frozen Deposits of Central Yamal, Russia // Proceedings of 8th International Symposium on Landslides, Cardiff, UK. Landslides. Telford Publishers, London, pp. 1495-1500.

А.Л. Холодов, А.В. Гаврилов*, Н.Н. Романовский
(МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедра геокриологии, *ЛОГС)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ, МОЩНОСТЬ И СОСТОЯНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ ШЕЛЬФА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

В последнее время возрос интерес к криолитозоне Арктического шельфа Евразии. В 90-х годах на шельфе моря Лаптевых проводились совместные российско-германские исследования. В результате были получены данные о распространении многолетнемерзлых пород (ММП) от современного берега до бровки шельфа. Вместе с тем, фактические данные о ММП на лаптевском шельфе (буровые, геофизические и др.) носят разрозненный характер. Поэто-