

# Использование биоматов в закреплении склонов в условиях о. Сахалин

## Application of biomats in slope stabilization under the conditions of Sakhalin Island

**ЛОБКИНА В.А.**

Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, лаборатория лавинных и селевых процессов, с.н.с., valentina-lobkina@rambler.ru

**LOBKINA V.A.**

Sakhalin Department of Far East Geological Institute, Laboratory of Avalanche & Debris-Flow Processes, Senior Scientific Researcher, valentina-lobkina@rambler.ru

**Ключевые слова:** биоматы, закрепление склонов, опасные процессы, отвалы грунта, Сахалин, сели.

**Аннотация:** для территории о. Сахалин актуальна проблема размещения и закрепления отвалов вскрышных пород, а также стабилизация откосов/насыпей линейных объектов.

Особенности рельефа острова вынуждают размещать отвалы горных пород, образующиеся в ходе добычи полезных ископаемых открытым способом, прокладке магистралей и т.д., в днищах узких долин, на склонах морских и речных террас. Переувлажнение вскрышных грунтов, расположенных на склонах, приводит к формированию связных селевых потоков и оползней-течения.

Для закрепления откосов трассы, площадок складирования грунта и защиты трассы от эрозии при рекультивации были использованы биоматы, которые должны были способствовать восстановлению растительности на склонах, подверженных эрозии.

Однако на некоторых участках произошел сход оползней вместе с закрепленными на его поверхности коматами.

Причинами малой эффективности применения биоматов на территории Сахалинской области послужили: нарушение технологии укладки биоматов, сложные климатические условия, неверный подбор биоматериала (семян), основы (волокна), а также недооценка скорости разложения биоматериала.

**Key words:** biomats, stabilization of slopes, dangerous processes, waste-pile sites, Sakhalin, debris flows.

**Abstract:** among major problems for the territory of Sakhalin Island are disposal and fixing of mullocks, as well as stabilization of slopes or embankments related to linear infrastructures.

Due to topographic features of the island it is necessary to dispose waste-rock (formed during surface mining operations, road laying, and etc.) on bottoms of coombs or marine and river terraces. Water logging of mullocks on slopes may cause cohesive debris flows and mud flows.

Biomats were used for stabilization of slopes near the route, soil storage sites and protection of the route from erosion. Such recultivation procedure was expected to regenerate vegetation on slopes affected by erosion. However, in some areas, during landsliding coco-mats fixed on surface have slid off too.

Causes for low efficiency in application of biomats in the region are as follows: irregularities in the procedure of biomats installation, adverse climatic conditions, incorrect choice of biomaterial (seeds) and its basis (fibres), underestimation of biodegradation rate.

### Введение

Серьезной проблемой эксплуатации территории в ходе хозяйственной деятельности, является сохранение ее стабильности и функциональности. Особенно актуально это условие для территории, подверженной воздействию опасных экзогенных процессов. Для территории о. Сахалин наиболее актуальна проблема размещения и закрепления отвалов вскрышных пород, а также стабилизация откосов/насыпей линейных объектов.

Особенности рельефа острова вынуждают размещать отвалы горных пород, образующиеся в ходе добычи полезных ископаемых открытым способом, прокладке магистралей и т.д., в днищах узких долин, на склонах морских и речных террас. Переувлажнение вскрышных грунтов, расположенных на склонах, приводит к формиро-

ванию связных селевых потоков и оползней-течения. Скорость движения этих потоков мала, но они имеют высокую плотность (свыше 2000 кг/м<sup>3</sup>), вследствие чего представляют серьезную опасность для надземных объектов инфраструктуры.

В случае, если отвалы горных пород приурочены к местам добычи полезных ископаемых, это сокращает количество объектов, которые могут оказаться в зоне возможного воздействия селей и оползней, так как места выработок находятся за пределами селитебных территорий. Однако протекание данных процессов приводит к перекрытию подъездных дорог к местам выработок и может приводить к разрушению/повреждению линий электропередачи, бытовых построек и кроме того, увеличивает индивидуальный риск.

Для линейных объектов, имеющих большое пространственное распро-

странение, увеличивается площадь территории, на которую может быть оказано неблагоприятное воздействие склоновых процессов, которые были активированы в ходе строительства и эксплуатации объекта.

Целью данной работы является рассмотрение эффективности закрепления склонов техногенно измененных грунтов с помощью биоматов, а также описание поведения данного материала в условиях Сахалина как территории, приравненной к районам Крайнего Севера.

В ходе исследования было решено несколько задач. Прежде всего, были описаны техногенные оползни и сели, приуроченные к техногенным выработкам, а также отслежено поведение биоматов в естественной среде после настила материала на рекультивируемый склон.

Биоматы используют для восстановления растительного и почвенно-грунтового слоя в рамках инженерной защиты территории. Объектами применения биоматов обычно являются подверженные эрозионным процессам грунты общепланировочных насыпей, откосов/насыпей железнодорожных и автомобильных дорог, трасс нефте- и газопроводов, грунтовые поверхности карьеров. На Сахалине начало использования биоматов связано с работами по рекультивации трассы нефтегазопроводов, построенной в рамках проекта «Сахалин-2».

### Характеристика объекта исследования

На территории Сахалина по проекту «Сахалин-2» была построена трасса магистральных нефтегазопроводов, которая вытянута меридионально вдоль большей части острова. Протяженность трассы составляет около 816 км, более половины из которых проложено в горной местности и/или по территории, подверженной воздействию опасных экзогенных процессов.

Основное воздействие на природную среду, оказанное при прокладке трубопроводов, выражается в снятии почвенно-растительного покрова, нарушении целостности грунтов, изме-

нении углов естественных откосов, сооружении отвалов горных пород и т.д.

Работы по укладке магистральных нефтегазопроводов привели к формированию потенциальных антропогенных селевых массивов и к активизации оползней и селей природного и техногенного характера [3].

Основное количество площадок отвала грунта, образованных в ходе строительства трубопроводов, расположено на крутых склонах долин рек, что в сочетании с плохой сцепленностью пород способствовало сходу оползней, которые на некоторых участках трансформировались в сели, или сходу связных селей при достаточном количестве влаги [5, 7].

Кроме того, работы, проводимые на бортах русел селевых рек, привели к разуплотнению селевых отложений.

Для закрепления откосов трассы, площадок складирования грунта и защиты трассы от эрозии при рекультивации были использованы биоматы, которые должны были способствовать восстановлению растительности на склонах, подверженных эрозии. Эрозию склонов в данном случае можно считать первопричиной образования природно-антропогенных селей и оползней.

Мероприятия по защите от опасных склоновых процессов, проводимые на Сахалине, можно разделить на временные, проводимые в ходе строительства, и постоянные, которые должны защитить территорию и объект после завершения строительства.

К временным сооружениям относятся:

1. Сооружение бERM (временных рассекателей склонов или отводных перемычек) для снижения скорости поверхностного стока.

2. Установка грязеулавливающих заборов (противоиловых заграждений), которые будут улавливать поверхностный сток со строительных площадок, расположенных выше по склону.

Постоянные сооружения включают:

1. Сооружение постоянных рассекателей склонов.

2. Укрепление берегов водотоков противоэрозионными габионными сооружениями матрацного типа.

3. Восстановление растительности на склонах (посев трав).

Временные рассекатели склона (бермы) сооружаются, как только начинаются земляные работы. Они могут ежедневно разравниваться, если требуется пропустить транспорт, и тут же, по необходимости, восстанавливаться.

После завершения строительства и расчистки от строительного мусора возвращается плодородный слой почвы, минеральный грунт и отсыпаются постоянные рассекатели. Постоянные рассекатели склона аналогичны временным с той лишь разницей, что их располагают ближе друг к другу и укрепляют каменной наброской.

Противоэрозионный эффект от высева трав достигается за счет скрепления поверхности грунта корневой системой растений, что обеспечивает естественный дренаж и уменьшает вероятность разуплотнения пород и препятствует накоплению материала в селевых бассейнах.

Для закрепления растительного слоя использовались искусственные и естественные материалы, в частности энkamаты (маты из полиамидных монофиламентов) и кокоматы (маты из кокосовых волокон).

По завершении мероприятий по рекультивации склоны выглядели, как показано на рис. 1. Позднее на подготовленном склоне проводились мероприятия по гидропосеву, которые на некоторых участках спровоцировали развитие эрозии и сход оползней. Дополнительный принос влаги на переувлажненные склоны стал триггерным механизмом формирования техногенных селей небольших объемов с отвалов грунта и откосов трассы нефтегазопроводов, что особенно сильно проявилось в Макаровском районе [1, 6].

К настоящему времени разработано более 20 основных марок биоматов, которые отличаются по условиям их применения, количеству и составу наполнителя (органические и минеральные удобрения, семена растений, биологически активные почвообразующие вещества, влагоудерживающие компоненты и т.п.).

Производители заявляют о том, что применение биоматов является экологически безопасным для окружающей среды, а восстановление почвенно-растительного слоя происходит за один летний сезон без укладки плодородного почвенного слоя. Также отмечается эффективность работы биоматов в сложных природных условиях районов Крайнего Севера и приравненных к ним территориям, где природная среда особенно чувствительна

к внешним воздействиям, и происходящее полное или частичное уничтожение растительного покрова крайне резко активизирует опасные экзогенные процессы.

Биомат состоит из неразлагаемой синтетической части, основы биомата, которая сохраняется в виде армирующего почву слоя, и биоразлагаемой части, которая усваивается в почве. Принцип работы биомата основывается на том, что в течение 1–2 лет с момента настила материала на «опасный склон» происходит формирование равномерного травостоя с обширной корневой системой, которая, углубляясь в почву, связывает ее и образует дернину. В период развития и укоренения растений биомат осуществляет все защитные функции, исключая эрозионные процессы, и улучшает водный режим на склоне, так как травяной покров выступает в качестве биологического дренажа, значительно увеличивая устойчивость откосов. При этом биомат должен полностью усваиваться в почве.

#### Примеры формирования техногенных оползневых и селевых массивов

Формирование техногенных массивов на местах выработки полезных ископаемых приводит к увеличению частоты формирования селей и оползней на определенной территории, которая до начала складирования грунта могла не относиться к опасной зоне.

Например, на территории горнозаводского бурогоугольного месторождения (южный Сахалин, западное побережье, Невельский район), где производится добыча угля открытым способом, 13.09.2011 г. сошел техногенный оползень течения [5]. Протяженность оползня составила 480 м, ширина 450 м (в самом широком месте), площадь оползня доходит до 15 га, мощность оползневых отложений в среднем около 2,5 м, об-



Рис. 1. Склон после завершения технической рекультивации по одному из участков трассы нефтегазопроводов в Макаровском районе (Центральный Сахалин). Дата снимка 07.2007 г.





**Рис. 2. Техногенный оползень-течение, сошедший с территории горнозаводского бурогоугольного месторождения (Южный Сахалин, западное побережье, Невельский р-он). Дата снимка 11.2011 г.**

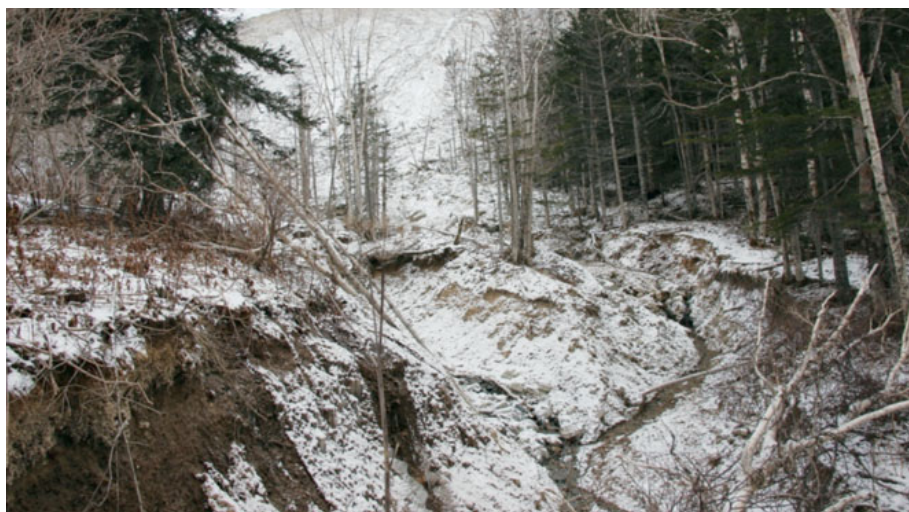
ший объем снесенного разжиженного грунта — около 550 тыс. м<sup>3</sup>. Данный оползень, несмотря на свои размеры, не привел к ущербу, так как двигался от места складирования вскрышных пород по неэксплуатируемой территории (рис. 2). Сошедший оползень частично перекрыл русло р. Амурской, что впоследствии может привести к формированию селевого потока из оползневых отложений.

Основной причиной формирования антропогенных селей в Макаровском районе (Центральный Сахалин, восточное побережье) является размещение отвалов грунтов на крутых склонах [6]. До проведения работ по проекту «Сахалин-2» в районе активно функционировал один антропогенный селевой бассейн, расположенный в южной части района. Селевой бассейн (хр. Жданко, район ж/д ст. Цапко) сформировался из отвалов карьера в верховьях неселеносного ручья. Осенью 2004 г. в бассейне сформировался связный грязекаменный селевой поток. Толщина селевых отложений до 3 м, длина пути пробега селевого

потока составила 250 м, его ширина — 5–7 м, плотность селевого потока оценивается в 1950 кг/м<sup>3</sup>. в настоящий момент данный антропогенный бассейн угрожает трассе нефтегазопроводов подземной прокладки, а также автомобильной дороге федерального значения Южно-Сахалинск — Оха — Москальво.

После начала строительства магистральных нефтегазопроводов по проекту «Сахалин-2» количество потенциальных антропогенных селевых массивов резко возросло в связи с образованием площадок отвала грунта вдоль трассы трубопроводов.

Основное количество площадок отвала грунта, образованных в ходе строительства трубопроводов, расположено на крутых склонах долин рек, что в сочетании с плохой сцепленностью пород способствует сходу оползней, которые трансформируются в сели, или сходу связных селей при достаточном количестве влаги. Кроме того, работы, проводимые в руслах селеносных рек, привели к разуплотнению древних селевых отложений.



**Рис. 3. Следы схода селевого потока, сформированного из пустой породы, складированной в окрестностях г. Южно-Сахалинска. Дата снимка 11.2014 г.**

Максимальная скорость накопления критического объема потенциально селевого массива в районе наблюдается на морских террасах, сложенных песчано-галечными отложениями, и составляет 1–2 года [4]. Минимальная скорость накопления критического объема характерна для интрузивного массива, сложенного в основном диоритами и сиенитами, расположенного в центральной части района (г. Макарова), и составляет 20 лет. Однако скорость накопления критического объема на интрузивных породах хр. Жданко значительно выше, около 5–10 лет, что объясняется особенностями географического положения хребта и физическими характеристиками пород.

Как правило, причинами формирования природно-антропогенных селей в Макаровском районе служат сведение лесов и деградация травяной растительности [6]. В ходе выполнения работ по прокладке трассы нефтегазопроводов появилась еще одна причина формирования природно-антропогенных селей, это размещение грунта в природные селевые бассейны, что приводит к увеличению объема и частоты схода селей.

До недавнего времени хозяйственная деятельность на территории Макаровского района концентрировалась вокруг населенных пунктов на восточном побережье острова. В центральной части района ведется заготовка древесины, но площадь сведения лесной растительности незначительна.

Большое воздействие на естественные ландшафты в северо-восточной части района оказали шахты г. Макарова и с. Горное, функционировавшие до начала 1990-х гг. Пустую породу, извлекаемую из шахт, сбрасывали в полосу длиной 15 км между двумя населенными пунктами. В результате сброса образовался мощный отвал пустой породы, который существенно повлиял и влияет на естественные процессы на данном участке.

В окрестностях г. Южно-Сахалинска (центральная часть Южного Сахалина) на карьере, расположенном на г. Медик в 2009 г. сформировался антропогенный селевой поток, который сошел по руслу ручья без названия (рис. 3). Случаи формирования селя на данном карьере отмечены в 2011 и 2013 гг. Общая длина пробега селя около 1 км, то есть сель дошел до русла р. Хомутовки. На р. Хомутовке происходит забор воды для нужд воинской части, расположенной ниже по течению. К настоящему моменту сель не принес ущерба, так как селевой процесс идет на территории, не задействованной в хозяйственной деятельности, однако в случае, если сель перегородит русло реки, это существенно повлияет не только на качество воды, но и возможность ее использования в хозяйственных целях.

Для уменьшения вероятности формирования техногенных оползней и се-



лей из отвалов техногенных грунтов необходимо проводить мероприятия по их закреплению на склоне посредством установления инженерной защиты, поверхностного схватывания, закрепления откосов растительностью. Также необходимо ужесточение требований к проектной документации размещения отвалов вскрышных пород.

## Результаты

Эксплуатация магистральных нефтегазопроводов в рамках проекта «Сахалин-2» была начата в 2009 г. С этого момента прошло более 5 лет, и согласно техническим характеристикам все использованное биополотно должно было разложиться и бронировать склоны. Однако практика использования биоматов в условиях Сахалина показала, что полотно не разложилось (рис. 4), озеленение склонов произошло фрагментарно, а возложенные на него функции по уменьшению поверхностного стока и защиты от эрозии работают недостаточно эффективно.

На некоторых участках произошел сход оползней вместе с закрепленными на его поверхности кокоматами (рис. 5). В ряде случаев оползни сошли в русла рек, при этом сетка кокомата способствовала задержанию грунта в русле и провоцировала запруживание реки, что, в свою очередь, привело к возникновению риска формирования природно-антропогенных селей.

Анкеры и скобы, с помощью которых крепилось биополотно, на многих участках трассы вывернуты в результате пучения грунта на склоне. Трещины и сдвиги отмечены на многих склонах вдоль трассы.

Причинами малой эффективности применения биоматов на территории Сахалинской области послужили:

- нарушение технологии укладки биоматов.
- сложные климатические условия.
- неверный подбор биоматериала (семян), основы (волокон).
- недооценка скорости разложения биоматериала.

Согласно ГОСТ [2] укладка биоматов должна осуществляться вдоль склона, однако в ряде случаев биоматы были уложены поперек склона, что не способствовало регуляции поверхностного стока и способствовало активизации эрозии склонов.

## Выводы

Климатические условия острова (высокая влажность при низких летних температурах, продолжительный период залегания снежного покрова и др.) обусловили низкую скорость разложения материалов биоматов, что привело к замедлению скорости естественного дренажа и застою процессам в биоматах. В результате этого посевной ма-



Рис. 4. Откос трассы нефтегазопроводов с оползневыми сдвигами. Неработающие кокоматы, время настила 4–5 лет назад. Фото С.П. Жируева



Рис. 5. Активный оползень на одном из участков трассы, способствующий накоплению материала в русле селеной реки. Фото Ю.В. Генсировского

териал, содержащийся в биоволокне, сгнил и восстановления травостоя не произошло.

Древесная растительность, проросшая сквозь сетку биомата, позволяет судить о времени ее настила. На некоторых участках трассы возраст подроста составляет 3–6 лет при условии, что биосетка должна усвоиться в течение 1–2 сезонов.

Все обнаруженные факты позволяют говорить о том, что возможность использования подобных материалов в условиях Крайнего Севера и приравненных к ним территориях должна быть до-

полнительно проверена. Кроме того, следует учитывать, что при восстановлении трассы магистральных нефтегазопроводов по проекту «Сахалин-2» были использованы кокоматы, которые были произведены из кокосового волокна, о скорости разложения которого в условиях Севера нет достоверных данных. В качестве альтернативного биополотна можно использовать полотно из соломы, для которого характерна наибольшая фильтрация поверхностного слоя грунта и наилучшие скорости разложения, к тому же это биополотно более свойственно природе северных территорий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22–24 июня 2009 г. // Геориск. 2009. № 2. С. 56–60.
2. ГОСТ 17.5.3.04-83\* (СТ СЭВ 5302-85). Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. М.: Госстрой СССР, 1983.
3. Казаков Н.А., Генсировский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкорельефе о. Сахалин как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2» // Геоэкология. 2008. № 6. С. 483–496.
4. Казаков Н.А., Минервин И.Г. Селевые процессы на о. Сахалин // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр. М.: Полтекс, 2000. Вып. 4. С. 35–38.
5. Лобкина В.А. Техногенные оползни и сели на отвалах грунтов // Тез. докл. 2-й Межд. науч. конф. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». М.: Географический факультет МГУ, 2012.
6. Лобкина В.А., Михалев М.В. Формирование, развитие природно-антропогенных селей и защита от них (на примере Макаровского района, о. Сахалин) // Докл. Межд. науч. конф. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Петрозаводск: Институт «Севкавгипроводхоз», 2008.
7. Рыбальченко С.В. Отвалы грунта как опасные отходы (тезисы) // Тез. докл. 2-й конф. молодых ученых «Современные проблемы геологии, геохимии и геоэкологии Дальнего Востока России». Владивосток: Дальнаука, 2008.