

УДК 631.459:622(571.12)

А.В. Баранов, К.Л. Унанян

Оценка и предупреждение опасных проявлений эрозионных процессов при обустройстве и эксплуатации объектов добычи и транспорта газа на полуострове Ямал

Ключевые слова:
опасность,
водно-эрозионные процессы,
углеводородные месторождения,
полуостров Ямал,
Крайний Север.

Keywords:
dangers,
water-erosion process,
oil and gas fields,
Yamal Peninsula,
Far North.

Оценка опасности проявления эрозионных процессов

В настоящее время для практической оценки опасности и определения активности водноэрозионных процессов применяются три основных метода: сравнительно-географический, экспериментальный (стационарный) и моделирование.

Сравнительно-географический метод основывается на дистанционных методах исследования: аэро- и космической эрозионной фотосъемке; наземной эрозионной съемке и использовании спутниковой системы глобальной навигации, которая позволяет очень точно оконтурить на местности эрозионные объекты (рис. 1).



Рис. 1. Очаги проявления опасных геологических процессов на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении (БНГКМ) (космоснимок)

Стационарные методы исследований остаются наиболее важными в сборе информации, необходимой как для изучения процессов эрозии, так и для разработки различных противоэрозионных мероприятий. При этом экспериментальные методы оценки опасных проявлений эрозионных процессов можно условно разделить на две группы исследований:

- 1) пассивные;
- 2) активные, включая физическое моделирование.

К *пассивной группе* относятся методы наблюдения и измерения, не сопровождающиеся вмешательством в естественный ход процессов и не оказывающие влияния на конечный результат этих процессов.

Одним из доступных методов определения потерь почвы, по мнению специалистов ООО «Газпром ВНИИГАЗ», является метод, базирующийся на измерении объема русел временных водотоков. В силу неровности поверхности почвы наблюдается концентрация стока – мелкие струйки, сливаясь в более крупные, образуют сеть ручейков, обычно имеющую в плане форму дерева. Для определения суммарного объе-

ма русел этой сети на склоне намечают ряд параллельных учетных линий (рис. 2), располагаемых перпендикулярно линии наибольшего уклона. Учетные линии могут иметь разную длину, например для п-ова Ямал они могут достигать 100 м. Расстояние между соседними линиями зависит от крутизны склона. Чем меньше расстояние между учетными линиями, тем ближе к истине результат определения.

При движении вдоль учетной линии выявляются все пересекающие ее русла и массивы отложенного временными водными потоками почвенного материала. При этом измеряются ширина и глубина русел, а также толщина наносов. Площадь сечения русла S , м², определяют по формуле

$$S = h \cdot l/2,$$

где h – глубина русла, м; l – ширина русла, м.

По каждой учетной линии находят сумму площадей сечений всех русел. Объем русел V , м³, между двумя соседними линиями рассчитывается по формуле

$$V = L \cdot S_{\text{общ}}/2,$$

где L – расстояние между учетными линиями, м; $S_{\text{общ}}/2$ – полусумма площадей сечений всех русел по двум учетным линиям, м².

Суммарный объем русел между двумя учетными линиями принимают за объем почвы, смытой с участка между этими линиями Q , т/га:

$$Q = V \cdot \rho_v / S_{\text{уч. пов.}},$$

где ρ_v – плотность почвогрунта, т/м³; $S_{\text{уч. пов.}}$ – площадь учетной поверхности, м².

Фактическое значение величины смыва почвы $Q_{\text{ф}}$, т/га, определяется по формуле

$$Q_{\text{ф}} = Q \cdot K,$$

где K – поправочный коэффициент (табл. 1).

К *активным экспериментам* относится группа методов наблюдения и измерения, использование которых предполагает создание искусственных условий, благоприятных для хода процесса в природе или для его видоизменения.

Основным методом этой группы является метод стоковых площадок.

При этом для оценки интенсивности эрозии разбивается площадка, изолированная от попадания на нее воды, стекающей с окружающей территории. По периметру площадки устраивается валик из непесчаного привозного почвогрунта высотой от 25 до 30 см, шириной у основания 60 см и вверху – 20 см (рис. 3).

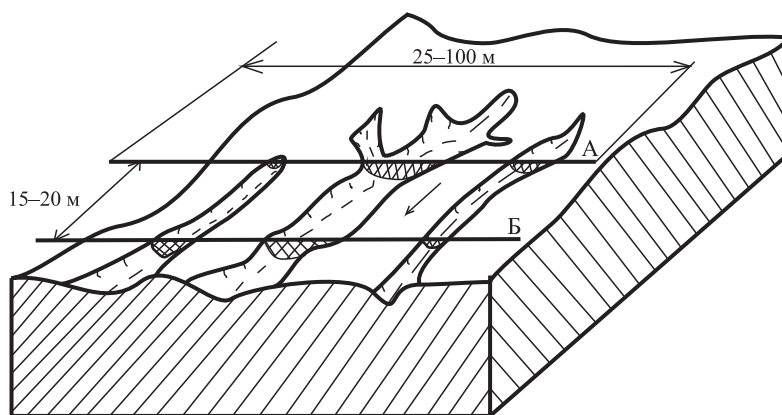


Рис. 2. Измерение и расчет объема русел временных водотоков

Таблица 1

Поправочные коэффициенты, учитывающие дождевое (галое) течение процесса эрозии [1]

Крутизна склона, град.	K , при снеготаянии	K , при дождях
1–3	1,5	1,6
4–6	1,4	1,5
7–9	1,3	1,4
15–16	1,2	1,3
20	1,2	1,2

С внешней стороны верхнего ограждающего вала проделываются борозды для отвода воды, движущейся в сторону стоковой площадки с вышележащей территории. С внутренней стороны нижнего вала устраивается водоприемная борозда для приема воды, стекающей со стоковой площадки, и направления ее в измерительный павильон. Конструкция водоприемной борозды состоит из распиленных в продольном направлении асбоцементных труб.

Оптимальные размеры стоковой площадки: длина – от 100 до 150 м, ширина – от 20 до 25 м.

Емкость измерительных устройств следует рассчитывать на сток обеспеченностью 1 %, или от 130 до 150 т/га смытой почвы. Измерение расхода жидкого стока q , м³/с, производят с помощью гидрометрических лотков, мерных емкостей или водосливов с тонкой стенкой, позволяющих измерять расход воды с большой точностью.

Смыв почвы с территории стоковой площадки определяют путем суммирования стока взвешенных и донных наносов. Сток донных наносов, оседающих в стокоприемнике, опре-

деляют весовым методом, а сток взвешенных наносов – классическим лабораторным методом – фильтрованием с последующим высушиванием и определением веса проб для последующего расчета стока наносов.

Метод стоковых площадок применим при изучении влияния факторов эрозии, а также при определении эффективности противоэрозионных мероприятий. Стоковые площадки располагают на различных типах почвогрунтов (супесях, суглинках, глинах). Измерения стока и смыва производятся длительное время (минимум 2 года) и сопровождаются измерениями метеорологических величин, физических свойств почвы, наблюдениями за ростом и развитием растений.

На практике активные измерения возможно производить и без организации стоковой площадки – в русле постоянных оврагов, для чего следует подобрать водосборную площадь овражной формы.

Подобные исследования проводились специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» совместно с ФГБУ ГГИ на экспериментальном полигоне БНГКМ п-ова Ямал (рис. 4) [2].

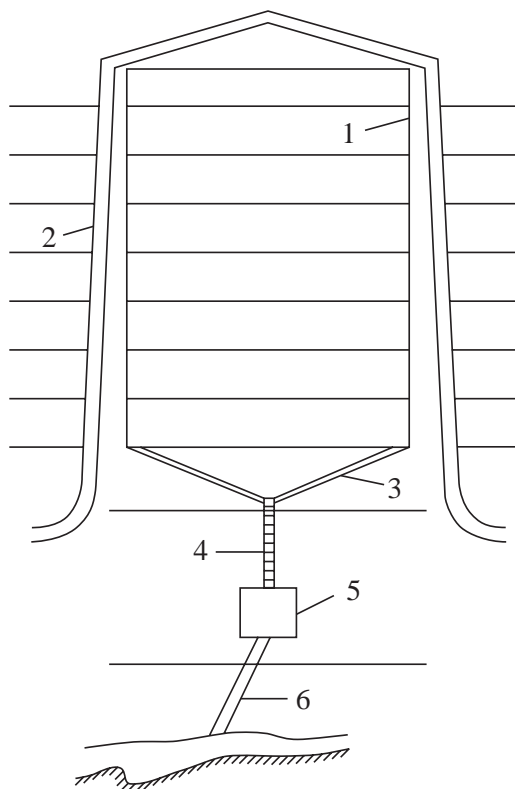


Рис. 3. План участка стоковой площадки для оценки водной эрозии почв:
1 – валик площадки; 2 – водоотводящие каналы; 3 – водоприемный лоток;
4 – водопроводящий лоток; 5 – измерительный павильон; 6 – стокоотводящая труба



Рис. 4. Овраг антропогенный

После определения величины потери почвы либо высоты утраченного слоя почвы указанными выше методами необходимо оценить опасность эрозии и целесообразность применения противоэрозионных мероприятий.

Ниже приведена шкала опасности эрозии для п-ова Ямал, разработанная специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» сов-

местно с географическим факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова (табл. 2).

Необходимо отметить, что наиболее объективным показателем опасности эрозии является отношение величин интенсивности размыва почвогрунта на нарушенных территориях, пораженных эрозией, к фоновому значению Q_{ϕ} (на ненарушенных) [3, 4].

Таблица 2

Шкала опасности развития эрозии для условий п-ова Ямал

Опасность эрозии	Потери почвы h , мм/год	Величина смыва почвы Q_{ϕ} , т/га в год	Отношение величин смыва почвы до и после нарушения Q/Q_{ϕ}	Необходимость применения противоэрозионных мероприятий
Отсутствует	Меньше интенсивности почвообразования	Меньше допустимого смыва (2 т/га)	≥ 1	Отсутствует
Слабая	Менее 0,5	Менее 6	1–0,3	Прекращение воздействий на почвенно-растительный покров, самовосстановление
Средняя	От 0,5 до 1,0	От 6 до 12	0,3–0,17	Необходима биологическая рекультивация земель
Сильная	От 1,0 до 2,0	От 12 до 24	0,17–0,08	Необходимо частичное применение противоэрозионных технических мероприятий и биологической рекультивации
Очень сильная	От 2,0 до 5,0	От 24 до 60	0,08–0,03	Необходимо применение противоэрозионных технических мероприятий и биологической рекультивации
Катастрофическая	Более 5,0	Более 60	$< 0,03$	Необходимо воссоздание первичной структуры ландшафта, гидрологического режима, применение комплекса технических противоэрозионных мероприятий и биологической рекультивации

Принципы защиты территорий от эрозионных процессов

Общеизвестно, что основным принципом защиты осваиваемых территорий от опасных проявлений водноэрозионных процессов является уменьшение кинетической энергии потока за счет регулирования стока с водосбора.

В зависимости от стадии эрозии противоэрозионные мероприятия включают:

- предотвращение плоскостной (мелкоручейковой) эрозии;
- предотвращение линейной (овражной) эрозии.

На основе опыта и данных, полученных специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в ходе исследований на п-ове Ямал за более чем 20-летний период, была осуществлена типизация мероприятий, направленных на предотвращение эрозии, в зависимости от характера эрозионной формы и угла наклона почвенной поверхности.

Для предотвращения плоскостной (мелкоручейковой) эрозии на техногенно-нарушенных участках с крутизной склона до 3° предложен следующий комплекс мероприятий.

На нарушенный участок наносится смесь влагоемкого торфа и минерального грунта (в пропорции 1:3 от объема торфа). Высота наносимого слоя должна соответствовать высоте нарушенного органогенного горизонта. Далее проводится посев травосмесей (табл. 3) с нанесением на поверхность специального состава из отработанного глинистого бурового раствора, биополимеров, гумата натрия и минеральных удобрений азотно-фосфатно-калийных (марки NPK 15:15:15 по ТУ 2186-682-00209438-06 [5]) с карбамидом, создающих защитный поверхностный слой, предотвращающий смыв высеваемых травосмесей, а также улучшающий гидротермический и пищевой режимы бедных почвенных субстратов. Посев семян производится в летнее время (с середины июля по середину августа).

При крутизне склона от 3 до 20° в дополнение к вышеуказанным мероприятиям применяется комплекс, включающий:

- локализацию избыточной воды путем устройства специальных понижений в рельефе объемом от 3 до 5 дм³, что позволяет аккумулировать излишки воды и уменьшить размывающую способность плоскостного (мелкоручейкового) стока;
- распыление стока для предотвращения стекания поверхностного стока с ненарушенных участков водосбора на нарушенные. Поверхностный сток регулируется системой нагорных валов серповидной формы длиной не более 1 м в несколько рядов с чередованием в шахматном порядке; нагорные валы следует сооружать из привезенного почвогрунта с нанесением на них травосмесей и биополимерного раствора;
- отвод избыточного стока в естественные водоемы (озера) либо в устойчивые природные эрозионные формы (овраги, балки).

Для линейных объектов (газопроводов) дополнительно необходимо укреплять поверхность валика биоматами, а также использовать теплоизоляционные экраны из материалов с повышенной отражающей поверхностью. В качестве возможного типа биомата можно предложить «Биомат» марки БТ-СО/130 (2,0) по ТУ 8397-001-77491391-2006 [6].

На участках склонов с уклонами более 20°, непосредственно примыкающих к объектам газодобывающего комплекса (ГДК), необходимо закреплять восстановленную поверхность, заполняя ячейки щебнем.

Для ликвидации линейной (овражной) термоэрозии следует применять следующий комплекс инженерно-технических мероприятий.

В случае обнаружения эрозионных форм, подступающих к инженерным сооружениям ГДК ближе 100 м, следует провести мероприятия по засыпке их сухой песчано-гравийной смесью с последующим уплотнением.

Таблица 3

Варианты травосмеси семян культурных многолетних злаковых растений, хорошо зарекомендовавших себя в условиях п-ова Ямал

Травосмесь 1	Соотношение трав, %	Травосмесь 2	Соотношение трав, %
Мятлик луговой	8	Мятлик луговой	30
Косторец безостый	23	Бекмания обыкновенная	10
Овсяница луговая	23	Пырей ползучий	10
Овсяница красная	23	Овсяница красная	40
Тимофеевка луговая	23	Полевика белая	10

При этом на поверхности необходимо провести рекультивационные мероприятия. На склонах с уклонами более 3° рекомендуется дополнительное закрепление технически восстановленной поверхности геосетками и нанесение биополимерного состава совместно с минеральными удобрениями. Также по периметру оврага необходима установка деревянного водоотводящего лотка (естественный биоразлагаемый материал, выполняющий свои функции по отводу стока продолжительное время), соединенного с естественными водотоками.

При обнаружении эрозионных линейных форм на удалении более 100 м от объектов газодобывающего комплекса, способных в перспективе причинить им ущерб, следует применить комплекс стабилизационных мероприятий (консервация оврага), состоящий из пяти этапов.

На первом этапе производится выполаживание дна эрозионной формы (шириной от 1 до 2,5 м) ручным методом либо с использованием легкой механизированной техники на шинах низкого давления.

Вторым этапом работ является устройство (ручным методом) специальных понижений в русле оврага в шахматном порядке (глубиной не более 0,3 м). При этом дно оврага выстилается нетканым синтетическим материалом (НСМ), обеспечивающим фильтрацию поверхностного стока. Далее с бортов эрозионной формы минеральные грунты перемещаются в днище в шахматном порядке таким образом, чтобы не допустить сплошного перегоразивания русла (рис. 5).

На третьем этапе вершине оврага придается воронкообразную форму глубиной до 1 м (рис. 6), позволяющую рассредоточить сток в зоне активного роста, снизить кинетическую энергию потоков воды и таким образом предотвратить дальнейший рост эрозионной формы. Дно формы выстилается НСМ. При этом воронкообразное расширение не допускается на участках распространения грунтов с массивными жильными льдами.

На четвертом этапе производятся мероприятия по стабилизации бортов эрозионных форм, которые закрепляются НСМ. Поверхность

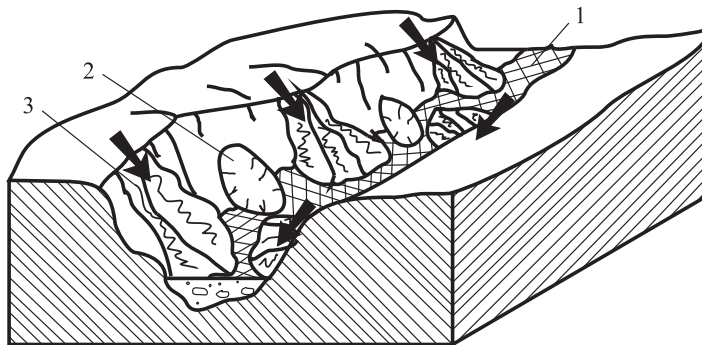


Рис. 5. Оползневое заполнение выполаженного дна:
1 – НСМ; 2 – понижения; 3 – перемещение минеральных грунтов

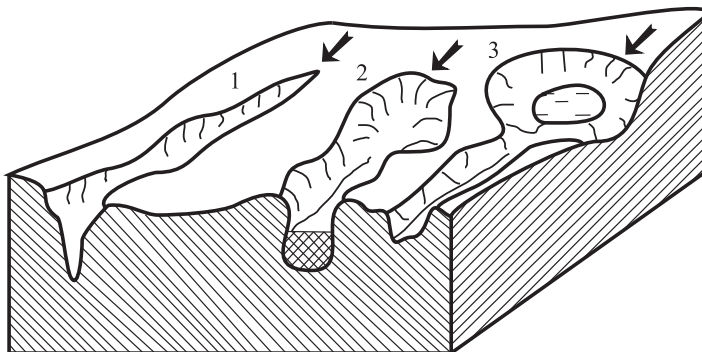


Рис. 6. Формирование воронкообразного расширения в точке активного роста:
1 – активно растущая форма; 2 – естественно стабилизированная форма;
3 – искусственно стабилизируемая форма с воронкообразным расширением

покрывают слоем торфа толщиной, идентичной естественному органогенному почвенному горизонту.

На пятом этапе производятся высадка местных видов кустарников, выстилка биоматов, а также устройство деревянного водоотводящего лотка в тальвеге оврага, соединенного с естественными водотоками.

Результаты проведенных исследований легли в основу корпоративного документа Р Газпром «Методы оценки и предупреждения опасных проявлений эрозионных процессов при обустройстве и эксплуатации объектов добычи и транспорта газа на полуострове Ямал», позволяющего выполнить оценку активности опасных проявлений эрозионных процессов и с высокой степенью вероятности их предотвратить.

Список литературы

1. Кузнецов М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, П.Г. Глазунов. – МГУ, 1996.
2. Унанян К.Л. Оценка развития эрозионных процессов на Бованенковском НГКМ / К.Л. Унанян, А.В. Баранов, О.Б. Наполов // Газовая промышленность. – 2011. – № 10. – С. 84–85.
3. Ишков А.Г. Деградация и охрана почвенно-растительного покрова при освоении месторождений углеводородов Крайнего Севера / А.Г. Ишков, А.В. Баранов, В.Я. Григорьев и др. – М.: Газпром экспо, 2009. – 283 с.
4. СТО Газпром 2-1.19-280-2008. Методика расчетной оценки показателей устойчивости, деградации, восстановления почвенно-растительного покрова тундр при различных техногенных воздействиях в районах газовых месторождений Крайнего Севера.
5. Технические условия ОАО «Газпром нефтехим Салават» ТУ 2186-682-00209438-06. Удобрение азотно-фосфорно-калийное марки NPK 15:15:15.
6. Технические условия ООО «Стройгеооснования» ТУ 8397-001-77491391-2006. Материал для укрепления грунтовых поверхностей.