



Антропогенная овражная эрозия и термоэрозия в западной части центрального Ямала

Резюме

Эрозионная устойчивость ландшафтов на территории Бованенковского ГКМ западного Ямала даже в естественном состоянии крайне незначительна. Эта неустойчивость эрозионных ландшафтов значительно увеличилась с началом освоения Бованенковского ГКМ, когда появились дополнительные мощные факторы ускоренной эрозии. В результате у поселков и буровых площадок Бованенковского ГКМ сформировались антропогенные овраги, современное развитие которых целиком обусловлено антропогенными факторами овражной эрозии. За 10 лет с 1988 г. длина антропогенных оврагов достигла 200-1500 м, глубина 4-5 м. Все эти овраги активны в настоящее время и представляют реальную угрозу сооружениям газового комплекса на Бованенковском ГКМ.

Введение

В журнале «Геоморфология» была опубликована интересная заметка М.О.Лейбман с соавторами [1], в которой рассмотрена динамика мерзлотных и эрозионных форм рельефа среднего Ямала по данным сравнения повторных аэрофотосъемок за более чем 40 летний период. Такие исследования имеют особую важность для территорий размещения объектов газодобывающей промышленности. В заметке были упомянуты результаты наших измерений скоростей смещения вершин некоторых оврагов. Эти результаты имеют самостоятельное значение, так как относятся к динамике антропогенных термооврагов, которые возникают при хозяйственном освоении тундровых ландшафтов. Такие антропогенные овраги располагаются в непосредственной близости от эксплуатационных поселков, буровых площадок, дорог и трасс трубопроводов, и поэтому наиболее опасны при освоении газовых и нефтяных месторождений.

Естественная эрозия в центральной части западного Ямала.

Территория полуострова Ямал даже в естественном состоянии подвергается интенсивной эрозии, приводящей к ее вертикальному расчленению, нарушению почвенно-растительного покрова, а также к интенсификации солифлюкции, криопланации и русловых процессов. В центральной части западного Ямала можно выделить три основных процесса первичного расчленения территории: 1) эрозионно-аккумулятивная деятельность рек Се-Яхи, Морда-Яхи, Надуй-Яхи и их притоков. В результате формирования их долин возник основной перепад высот с амплитудой до 40 м и длиной склонов до 1,5-2 км; 2) процессы криопланации - вытаивание пластовых льдов и образование террасовидных поверхностей на различных отметках, обычно привязанных к пойме реки, уровню воды в реке или в крупном озере; такое вторичное расчленение приводит к перепаду высот до 30 м и формированию склонов до 0,5 км длиной; 3) процессы спуска термокарстовых озер и понижения местных базисов эрозии. Существенное влияние на овражную эрозию имеют криогенные разрушительные процессы - оползни, оплывы. Линейно вытянутые вдоль склона посткриогенные оплывы протягиваются от приводораздельных участков междуречий, и транспортируют материал вплоть до местного базиса эрозии. В результате без всякого вмешательства человека на склонах образуются протяженные полосы оголенного тонкодисперсного легко размываемого грунта, в пределах которых могут впоследствии развиваться процессы смыва и овражной эрозии.

Естественные овраги обычно формируются на морских и аллювиальных террасах с относительной высотой 20-45 м. Высокая (30-45 м) III терраса сложена суглинками и глинами с массивной криогенной текстурой. На поверхности террасы развита сеть пологосклонных ложбин, их густота составляет $2,3 \text{ км/км}^2$. Как естественные, так и техногенные овраги формируются вдоль этих ложбин в областях нарушения растительного покрова или увеличения поверхностного стока.

Крутые обращенные к реке склоны этой террасы расчленены многочисленными береговыми оврагами, обычно длиной 50-70 м. Эти короткие овраги формируются как в результате прямого линейного эрозионного размыва оголенных уступов, так и при вытаивании здесь линз пластовых льдов, образования термокаров и последующей линейной эрозии.

В областях повышенной льдистости размываемых грунтов некоторые естественные овраги достигают длины 1-2 километра. Обычно на большем своем протяжении в средней и нижней части такие овраги вырабатывают стабильный продольный профиль, их борта закрепляются растительностью, в днище происходит аккумуляция наносов. Овраги приобретают облик балок. Только в верхней части овраг активен, происходит размыв верхового уступа и удлинение эрозионной формы. В одной из таких балок на конусе выноса было проведено опробование балочного аллювия на содержание ^{137}Cs . Максимум содержания цезия (приуроченный к поверхности поймы до начала аккумуляции балочного аллювия) находится на глубине 1,1 м. Так как максимум выпадения ^{137}Cs из атмосферы приурочен к середине 1960-х гг., средняя скорость осадконакопления в балке составляла за последние 30 лет около 4 см/год.

Низкая терраса (20-25 м) сложена тонкими заиленными песками с ледяными клиньями в верхней части разреза и пластовыми льдами в нижней. Эта поверхность более интенсивно расчленена естественными оврагами из-за меньшей эрозионной устойчивости тонких песков.

Процессы антропогенной эрозии и термоэрозии на территории Бованенковского ГКМ западной части центрального Ямала.

Техногенные нагрузки, связанные с освоением газово-конденсатных месторождений (ГКМ), привели к антропогенной активизации эрозионных и термо-эрозионных процессов. Происходит увеличение площади тундры, лишенной растительного покрова и органогенного слоя почвы, защищающих ее от эрозии. В

результате широкое распространение на территории ГКМ получает ручейковая и овражная эрозия, которая может привести к катастрофическим последствиям (уничтожению почвенного покрова, повреждению инженерных объектов).

На момент начала освоения Бованенковского ГКМ (1984-1986 гг.) как на возвышенных, так и на низменных территориях появились овраги антропогенного происхождения. Интенсивность их развития катастрофически высока. Они быстро продвигаются к инженерным сооружениям ГКМ, создавая им реальную угрозу. На нарушенных антропогенной деятельностью поверхностях в районе поселков КЭХ (комплексное электрохозяйство) и ПББ (передвижная база бурения) овраги сформировались из естественных коротких береговых оврагов длиной не более 50 м, широко развитых на крутом уступе высокого берега р.Се-Яха, где она подмывает III морскую террасу, и на уступах крупных хасыреев. В результате полного уничтожения растительного покрова и избыточного накопления снега на территориях поселков на относительно пологих склонах активно начала проявляться ручейковая и овражная эрозия.

Эрозионные процессы в овраге 9 у юго-западной окраине пос ПББ

Овраг 9 сформировался на длинном (970 м) пологом (28%) левом борту крупной балки 10 в результате сочетания естественных криогенных процессов - быстрого сплыва, и антропогенных - увеличения стока воды с площадки поселка ПББ. Площадь водосбора оврага составила 330000 м². Овраг 9 отсутствовал еще в 1986-88 гг., лишь пологая ложбина длиной 240 м моделировала склон. После сооружения поселка ПББ в 1986-87 гг. началась интенсивная эрозия и термоэрозия в условиях увеличения поступления воды с водосбора. В 1989 г. в средней части склона ниже поселка сошел быстрый спływ, который определил положение нижней части оврага, не совпадающее со старыми ложбинами на склоне. Выше области сплыва быстро развивается система эрозионных рытвин. Максимальная длина оврага составляла в 1989 - 740 м, в 1990 - 940 м. (рис.1). Вершина оврага достигла сооружений поселка ПББ и ее активный рост был остановлен

периодическими работами по засыпке оврага. Тем не менее длина оврага в 1995 г. была на 25 м больше, чем в 1990 г. В период 1991-1995 гг. углубление оврага в среднем по длине 0,6 м.

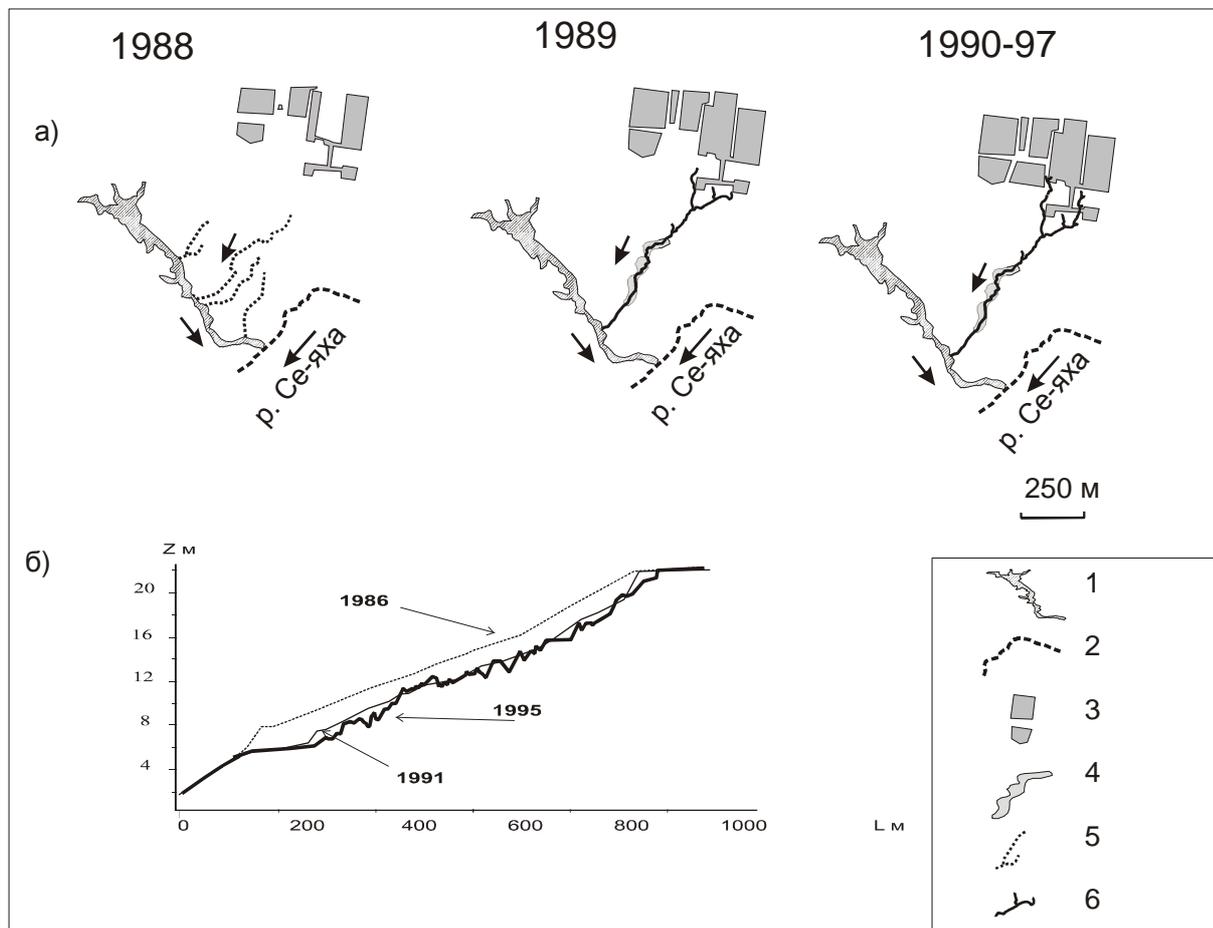


Рис.1. Эволюция планового положения (а) и продольного профиля (б) антропогенного оврага 9 у пос. ПББ (передвижная база бурения) Бованенковского газо-конденсатного месторождения западного Ямала. Условные обозначения: 1 – принимающая балка 10; 2 – уступ берега р. Се-Яхи; 3 – площадки сооружений пос. ПББ; 4 – область быстрого сплыва 1989 г.; 5 – естественные ложбине на склоне; 6 – эрозионный врез антропогенного оврага.

У оврага два активных ответвления и большое количество отвершков. Восточное ответвление развивается в районе основной вертолетной площадки поселка ПББ. Так как это ответвление уже в 1991 г. пересекло дорогу, ведущую на вертолетную площадку и его вершина достигла хранилища дизтоплива, проводятся работы по его засыпке местным

материалом и заравнивания эрозионной формы бульдозером. В дорожном полотне к вертолетной площадке сооружен водопропуск. Эти меры во многом замедлили развитие овражной эрозии, однако не остановили ее. Происходит врезание русла оврага, происходит увеличение перепада высот в его вершине и увеличение потенциала термоэрозионного процесса. Формируются отвершки оврага в обход вертолетной площадки. Вершина северного основного ответвления оврага 9 располагается в районе метеоплощадки, а его отвершки заходят на насыпь поселка ПББ и вплотную подходят к сооружениям на его краю.

Современные эрозионно – аккумулятивные процессы в овраге 9 определяются двумя основными явлениями: 1) поступлением в овраг большого количества тонкого песка в результате размыва насыпи поселка ПББ; 2) распластыванием потока по плотному слою дернины с остатками растительности в нижней части оврага.

Эрозия песчаной насыпи поселка ПББ происходит большими темпами. По данным исследований Государственного гидрологического института в весной и летом 1993 г. здесь было смыто около 1000 т наносов, то есть около 90 т/га. Вынос наносов происходит по многочисленным промоинам длиной 1,0- 5,0 м , шириной 0,3-1,5 м и глубиной 0,5-1,5 м. В результате в настоящее время днище оврага 9 на протяжении верхних 650 м покрыто тонким песком с характерным дюнно-рифельным рельефом. Происходит аккумуляция и транзит песка, а эрозия коренных суглинистых грунтом резко замедлилась. За период 1995-1997 гг. дно оврага 9 практически не углубилось, а на отдельных участках было заилено.

На нижних 350-400 м долина оврага 9 наследует обширную область быстрого сплыва 1989 г. Здесь продольный профиль оврага выпуклый, уклоны увеличиваются вниз по течению. Русло широкое (до 2,5-3,0 м), мелкое (средняя глубина составляет 10-20 см), распластанное. Оно разбито на многочисленные рукава островками, которые представляют собой фрагменты дерново-растительного покрова, разрушенного при

быстром сплыве. Малые уклоны продольного профиля в средней части области распластанного русла привели к активной аккумуляции смываемых сверху наносов. По данным измерений ГГИ в 1993 г. здесь отложилось около 300 т наносов.

Наибольший интерес представляет приустьевая часть оврага 9. Здесь долина и русло сужаются, уклон увеличивается до 0,07-0,08. Русло оврага совершенно не врежется в плотную дернину, переплетенную корнями полярной ивы. Хотя скорости течения здесь достигают 3 м/с, за 10 лет с 1988 года этот слой дернины не поврежден эрозионной деятельностью потока.

Для дальнейшего развития продольного профиля 9 оврага и защиты поселка ПББ от овражной эрозии ситуация в приустьевой части оврага является определяющей. Если плотная дернина будет промыта потоком или повреждена в ходе техногенной активности, реализуется мощный эрозионный потенциал оврага и он углубится на 9-10 м на всем своем протяжении. Тогда поступление песка в верхней его части не сможет компенсировать врезание, и любые меры по рекультивации вреза будут бесполезны.

В настоящее время процесс разрушения дернины уже начался из-за продолжающихся техногенных нарушений. В 100 м выше устья оврага его долину пересекает дорога. В колеях дороги дерновый слой разрушен и поток врезался здесь на 90 см. Сформировался порог в русле, который в настоящее время смещается вверх по течению.

Эрозионные процессы в овраге 1 у юго-западной окраины пос. КЭХ

Овраг 1 (Рис.2) имеет длину 477 м, площадь водосбора 50400 м^2 . Собственно овражная форма занимает нижние 200 м вреза (по долине) или 220 м по руслу. Площадь водосбора в вершине оврага составляет 11430 м^2 . Овраг осваивает выпуклый склон, верхние 277 м которого имеют крутизну 53% ($3^{\circ},03$), средние 180 м - 275% ($4^{\circ},3$) и нижние 20 м - 220% ($12^{\circ},5$). Склон сложен суглинками в нижней части (около 200 м) и более эрозионно устойчивыми глинами на верхних 277 м. В нижней области склона уже в

1970 г. существовал первичный естественный овраг, вершина которого располагалась практически на том же месте, что и в настоящее время .

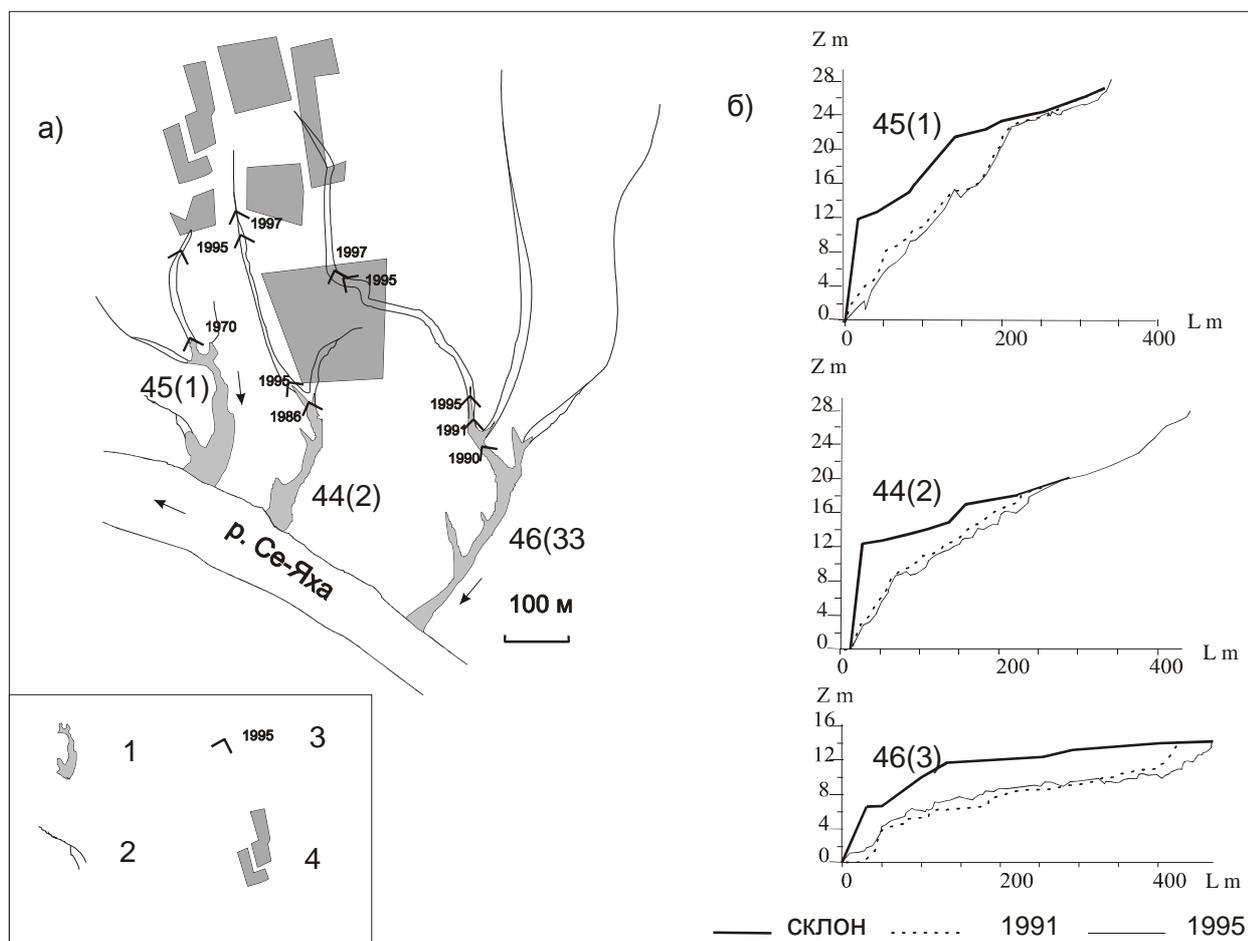


Рис.2. Эволюция планового положения (а) и продольного профиля (б) антропогенных оврагов 1,2,3 у пос. КЭХ (комплексного электрохозяйства) Бованенковского газо-конденсатного месторождения западного Ямала. Условные обозначения: 1 – эрозионный врез антропогенного оврага; 2 – эрозионные ложбины выше оврагов на склоне; 3 – время и положение вершины оврага; 4 – площадки сооружений пос. КЭХ.

Эволюция оврага 1 на всем протяжении его развития с 1970 г. заключалась в углублении его тальвега. Овраг 1 имеет невыработанный вогнуто-выпуклый продольный профиль ступенчатый и V-образный поперечный профиль с бортами крутизной до 520%_о (27⁰). В 1997 г. максимальный врез в нижней части составил 5.5 м, углубление с 1991 г. произошло в среднем на 0,6 м . Верховой уступ состоит из серии ступеней, они

практически стабильны. Стабилизации верхних 70 м овражного вреза способствует также оползень (быстрый спływ), который произошел в 1989 г. в на участке 150 м от устья (по руслу). Выше верхового уступа сформировалась система эрозионных ложбин глубиной 0.5-0.7 м, протягивающиеся практически до водораздела. Наиболее ясно они выражены на участке перегиба склона на участке 250-270 м от устья (по долине), здесь сформировалась вторая вершина оврага.

Эрозионные процессы в овраге 2 у южной окраины пос. КЭХ

Овраг 2 имеет длину 523 м, площадь водосбора 64300 м², овражная форма занимает нижние 160 (по долине) или 250 (по руслу) м (Рис.2). Овраг осваивает практически прямой склон крутизной 43‰ (2°), который крутым уступом (длина 20 м, крутизна 260‰ (14°)) обрывается к руслу Се-Яхи. Склон сложен суглинками (нижние 250 м) и более устойчивыми глинами. В районе уступа у реки до 1986 г. существовал короткий естественный береговой овраг. Его активизация связана с многочисленными нарушениями сплошности растительного покрова в ходе сооружения поселков СУ-33 (уничтоженного быстрым спływом) и КЭХ. Продольный профиль современного техногенного оврага выпуклый, ступенчатый. Максимальный врез в зоне нижнего перегиба склона составляет 9 м. Основной верховой уступ представляет собой серию ступеней, заполнен строительным и бытовым мусором. Поперечный профиль V-образный, крутизна склонов до 650‰ (33°). Выше верхового уступа в 1991 г. сформировалась система эрозионных ложбин на склоне длиной до 360 м и площадью 27300 м², средней крутизной 50‰ (2°). К 1995 г. эти ложбины были сглажены в ходе сооружения линии электропередачи по южной окраине пос.КЭХ. Однако на перегибе склона в 350 м от устья оврага (по долине) образовалась глубокая промоина, которая является второй вершиной оврага 2. Длина оврага 2 (до нижней вершины) была 165 м в 1988 г., 190 м в 1989, 210 м в 1990, 230 м в 1991 и 280 м в 1995 г. Скорость отступления этой вершины оврага уменьшалась во

времени. Одновременно овраг углублялся, и в период 1991-95 глубина вреза увеличилась в среднем на 0,9 м .

Развитие оврага 2 уже в настоящее время угрожает постройкам поселка КЭХ. В 1997 г. верхняя ложбина оврага у инструментального цеха существенно углубилась и разветвилась. Сюда поступают воды , образующиеся при таянии снега, который накапливается за зиму под основными постройками поселка КЭХ. Кроме того, в овраг сбрасываются теплые бытовые стоки.

Эрозионные процессы в овраге 3 у юго-восточной окраине пос. КЭХ.

Овраг 3 имеет длину 880 м, площадь водосбора 174700 м^2 , овражная форма занимает нижние 375 м (Рис.2). Первоначальный склон прямой, крутизной 26.9 ‰ ($1^{\circ}5$), обрывающийся к Се-Яхе уступом длиной 10 м и крутизной 700 ‰ (35°). Продольный профиль оврага выпуклый в нижней и средней части, и вогнутый с несколькими ступенями в области основной глубоко врезанной вершины. Максимальный врез 6 м в низовьях, в области расположения первоначального естественного берегового оврага. Поперечный профиль трапецевидный, крутизна бортов до 39° (800 ‰). Овраг прорезает суглинки, подстилаемые глинами, в верхней части водосбор сложен легкоразмываемыми супесями. По литологии и размерам площади водосбора овраг 3 наиболее опасный. Его сток повышен по отношению к естественному за счет накопления снега в пос. КЭХ, а значительная площадь водосбора определяет и большой естественный сток воды. У оврага 2 вершины. Из них западная вершина более активная, здесь происходит интенсивное удлинение оврага 3. Средняя скорость удлинения была 40 м/год в 1988-91 гг. и 10 м/год в 1991-95 гг. Это связано с тем, что на борту оврага расположен газовый факел и происходит растепление грунтов. Выше вершин на длинном (500 м) пологом (40 ‰) склоне сформировалась система из 3 основных эрозионных ложбин. Из них наибольшую опасность представляет западная ложбина, водосбор которой расположен в пос. КЭХ. Уже в настоящее время в средней части ложбины в 600 м от устья (по долине) сформировался

глубокий (до 1,5-2,0 м) врез, который подходит к основаниям газотурбинных электрогенераторов - основных сооружений в пос. КЭХ. В этом месте необходимо принятие противоэрозионных мер уже в самое ближайшее время. За период 1991-95 гг. овраг 3 углубился на 1,3 м в верхней части, зато в нижней произошла аккумуляция толщи наносов мощностью 0,7 м.

Эрозия и термоэрозия в период снеготаяния.

На момент начала стока в период снеготаяния водный поток сформированный на водосборе выше вершины оврага, уходит под снег. Чем больше сток воды с водосбора, тем быстрее происходит оформление открытого водотока. Во время снеготаяния 1991 г. в крупном овраге 4 с площадью водосбора 300000 м^2 , расположенном к востоку от пос. КЭХ, уже в начальный период снеготаяния (6-10 июня) полностью сформировался водоток, прорезавший толщу плотного снега. мощностью 3-5 м. В овраге 3, при площади водосбора в вершине эрозионной формы 104000 м^2 , водоток также полностью оформился, однако на отдельных участках поток уходил под снег. Во овраге 2, с площадью водосбора в вершине 29000 м^2 , от снега очистилась верхняя часть оврага. И в овраге 1 с площадью водосбора 10100 м^2 в вершине, водотока на поверхности практически не было.

Когда поток в овраге не оформлен и вода фильтруется сквозь снег, основная масса наносов остается в снежном покрове. Например 7 июня 1991 г. в вершину оврага 1 вливался поток с расходом $0.0048 \text{ м}^3 / \text{с}$, мутностью 36.6 кг/м^3 . В устье оврага расход воды составлял $0.0226 \text{ м}^3 / \text{с}$, мутность - 1.3 кг/м^3 . 15 июня 1997 г. в вершине оврага 2 при расходе воды $0,0032 \text{ м}^3/\text{с}$ мутность составляла $2,38 \text{ г/м}^3$. В средней части оврага мутность воды, фильтрующейся сквозь снег, составляла $0,15 \text{ г/м}^3$, а в устье оврага – $0,059 \text{ г/м}^3$. Таким образом 83% наносов в первом случае и 97% во втором (если исключить возможную эрозию) оставались в снегу.

Однако, такая ситуация не является единственно возможной. Структура снега в середине снеготаяния в оврагах такова, что в порах между кристаллами льда мелкие наносы не задерживаются. Так 6 июня 1991 г. в вершину оврага 2 поступал поток с мутностью 2.5 кг/м^3 , а в устье из снега просачивалась вода с мутностью 2.66 кг/м^3 . Достаточно скоро в оврагах формируется водоток (под снегом в тоннеле, или в промоинещели), который способен производить эрозионную работу. Например, во время снеготаяния 1997 г. овраг 1 был полностью заполнен снегом, но под снегом к 18 июня сформировался тоннель и началась эрозия грунтов ложа оврага. К этому времени водосбор оврага практически полностью очистился от снега и поток воды в подснежном тоннеле формировался за счет таяния снежного заполнения в овраге. В связи с низкими температурами воздуха процесс таяния снега проходил замедленно и имел хорошо выраженный суточный ход. Максимальные расходы воды составили 19-20 л/с во время термических максимумов 19-20 июня, 20 июня отмечен также максимум стока наносов 0,7 кг/с. Всего с 18 по 26 июня из оврага из-под снега было вынесено 127,4 т наносов, что соответствует углублению оврага на 1,2 м по всей его длине в пределах зоны размыва шириной в среднем 30 см.

Слой стока воды в период 6-27 июня 1991 г. на водосборе оврага 1 составил 171 мм, оврага 2 - 132 мм. С водосбора оврага 1 было смыто 41 т (25.6 м^3) наносов, с водосбора оврага 2 - 16.87 т (10.6 м^3) наносов, что составляет 2.5 и 0.37 мм в слое соответственно. За период стока воды из устья 1 оврага было вынесено 177.2 т наносов. Объем его за половодье увеличился на 85 м^3 , что соответствует врезанию оврага на 1.16 м. Из устьевого створа оврага 3 за период снеготаяния 1991 г. вынесено 288.6 т наносов, объем оврага увеличился на 150 м^3 , что соответствует врезу 0.8 м. Углубление оврагов сопровождалось их вершинным ростом. За период активного стока талых вод 1991 г. вершина оврага 1 сместилась вверх по руслу на 1.25 м, оврага 2 - на 26.0 м. У оврага 3

развиваются 2 активные вершины. Восточная, линейная, сдвинулась на 3.9 м, западная, циркообразная (в зоне растепления грунта у газового факела)- на 25.0 м. Эти данные показывают, что несмотря на переотложение наносов в снеге и уменьшение скорости потоков процессы овражной термоэрозии и эрозии во время снеготаяния происходят с большой интенсивностью из-за существенной интенсивности водоотдачи водосбора.

После эпизода эрозии-термоэрозии в вершине и/или днище оврага формируется глубокая (от 0,6-1,4 до 2,5 м) и узкая (0,4-0,6 м) щель. Этот врез быстро заплывает мелкими оползнями, и форма поперечного сечения оврага становится трапециевидной. Чередование эрозионного врезания и склонового заполнения приводит к сравнительно невысоким средним скоростям углубления оврагов.

Эрозия и термоэрозия в период летне-осенних дождей.

Летне-осенние дожди на западе центрального Ямала имеют продолжительность 74-171 часов. Однако лишь 2-4 дождя дают слой осадков более 1 мм/день (наблюденный максимум 40 мм/день). Некоторые из этих дождей вызывают овражную эрозию. Например, таким был дождь, прошедший в 8-10 часов 8 августа 1990 г. с суммой осадков 28,6 мм.

Высокая водонасыщенность грунтов на водосборе привела к быстрому формированию поверхностного стока. Паводок 8 августа со слоем стока 11.1 мм вызвал интенсивную эрозию как на водосборе, так и в русле оврага 1. Основная часть стока воды сошла за период 9⁰⁰ -14⁰⁰ часов. За это время с части водосбора площадью 10100 м², примыкающей к вершине оврага, было снесено 4.3 т (2.7 м³) материала (или 0.27 мм в слое). Из устьевого створа оврага было вынесено 22.7т (14.2 м³) наносов. Из русла оврага вымыто 11.5 м³ грунта, что соответствует слою эрозии 0.16 м (при длине потока в овраге 210 м и средней его ширине 0.35 м.

Эрозия на водосборе оврага 2, примыкающем к его вершине, площадью 28300 м², составила 15817 кг, или смыв 0.35 мм в слое. Из устьевого створа оврага вынесено образом 42.7 м материала, что соответствует среднему размыву дна на 0.58 м. Подобный размыв был зафиксирован при визуальном обследовании днища оврага после паводка. В основном размыву были подвержены оттаявшие грунты днища оврага, но в устьевой части оврага врез сформировался в многолетнемерзлых грунтах. Но уже через 2-3 дня после паводка свежий врез начал заполняться материалом, поступающим с бортов оврага.

Заключение

Наблюдения за овражной эрозией и термоэрозией на территории Бованенковского ГКМ западного Ямала показывают, что даже в естественном состоянии эрозионная устойчивость геологических тел и ландшафтов крайне незначительна. В областях увеличения льдистости суглинистых и песчаных грунтов при малейшем нарушении растительного покрова формируются естественные овраги и термоовраги. Длина таких оврагов достигает 1,5-2,0 км, глубина - 6-7 м.

Неустойчивость эрозионных ландшафтов центральной части западного Ямала значительно увеличилась с началом освоения Бованенковского ГКМ. Появились дополнительные мощные факторы ускоренной эрозии: техногенное нарушение сплошности растительного покрова, как линейное, так и на значительных площадях; концентрация снега в эксплуатационных поселках и вдоль дорожных насыпей, на искусственных наледях; появление источников теплых технических вод; растепление мерзлых грунтов в поселках, у тепло и электрогенераторов, у газовых факелов; увеличение площади водонепроницаемых поверхностей; создание искусственных линейных понижений рельефа и областей концентрации стока вод.

Результат не замедлил сказаться. Возле всех поселков и буровых площадок Бованенковского ГКМ, расположенных на склонах и междуречных пространствах, сформировались антропогенные овраги. Все они в той или иной степени наследуют либо

естественные небольшие овражки, либо ложбины стока, либо зоны быстрых сплывов.

Однако современное развитие этих оврагов целиком обусловлено перечисленными выше антропогенными факторами овражной эрозии. За 10 лет с 1986 г. длина антропогенных оврагов достигла 200-1500 м, глубина 4-5 м. На их водосборах сложилась сеть глубоких эрозионных рытвин, которые обладают значительным эрозионным потенциалом. Все эти овраги активны в настоящее время, практически не поддаются регулированию [2] и представляют реальную угрозу сооружениям газового комплекса на Бованенковском ГКМ.

Литература

1. Лейбман М.О., Стрелецкая И.Д., Коняхин М.А., Оценка динамики поверхностных условий Бованенковского месторождения (Средний Ямал) за период с 1949 по 1990 гг. Геоморфология, М, 1997, № 2, с.45-48
2. A.Sidorchuk, V.Grigor'ev. Soil erosion on the Yamal Peninsula (Russian Arctic) due to gas field exploitation. Advances in Geocology, v.31, 1998, pp.805-811