ИЗВЕСТИЯ РАН. СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, 2013, № 4, с.

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК

АНТРОПОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РЕЛЬЕФА В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

© 2013 г. А.Е. Козлова

Институт географии РАН

Поступила в редакцию

Полуостров Ямал является одним из перспективных регионов по добыче углеводородного сырья в России. В связи с этим масштабы его хозяйственного освоения с каждым годом будут увеличиваться и сопровождаться строительством различных техногенных объектов, вокруг которых создается зона трансформации (нарушения) природной среды и, прежде всего, рельефа и малоустойчивых ландшафтов. В статье рассмотрено три категории антропогенных нарушений рельефа: площадные, линейные и линейно-площадные. Дается оценка антропогенного преобразования рельефа по степени его нарушенности, а также рекомендации по его охране.

Полуостров Ямал – самый перспективный регион добычи углеводородного сырья, а его освоение может стать одним из главных экономических проектов России на ближайшее время, что определяет актуальность проведения эколого-географических исследований в этом регионе.

К настоящему времени на Ямале разведано 25 газоконденсатных месторождения (ГКМ). Запасы углеводородного сырья оцениваются в 25 трл м³. Крупнейшими из них являются: Бованенковское, Харасавэйское, Крузенштерновское, Тамбейское, Новопортинское. На шельфе Карского моря разведаны Ленинградское и Русановское месторождения. Еще 44 площади определены как перспективные для разведки на углеводородное сырье.

Цель статьи – показать степень антропогенного преобразования рельефа в настоящее время и в будущем на осваиваемых территориях Ямала и провести анализ основных видов выявленных изменений рельефа.

Особенности рельефа. Расположенная почти целиком в зоне арктических и субарктических тундр, за исключением ее южной оконечности – лесотундры, территория полуострова Ямал характеризуется экстремальными природными условиями: низкими среднегодовыми температурами воздуха (среднеянварские –44 – –48 °С, среднеиюльские +4.5 °С – +6.0 °С), сплошным распространением многолетнемерзлых пород мощностью от 50 до 300 м и более, и их высокой объемной льдистостью (от 35 до 70%, а на некоторых участках она достигает 80–90%).

Характерная особенность рельефа полуострова Ямал – ступенчатое строение его поверхности [20]. Самые низкие геоморфологические уровни (лайда, I–III морские террасы), абсолютные высоты которых повышаются от 1–5 м до 25–35 м, расположены преимущественно в западной части полуострова. В восточной части расположены аналогичные по высоте: лагунно-морская лайда, I–III лагунно-морские террасы. Густота эрозионного расчленения на этих уровнях составляет 0.2–0.5 км^2, а глубина –10–30 м [15].

Центральную часть полуострова занимают морские равнины: Салехардская, 65–95 м абс. и Казанцевская, 45–65 м абс., расположенные преимущественно на положительных структурах, и они же являются наиболее расчлененными. Густота зрозионного расчленения составляет 1.4–1.8 км^2, а глубина 30–50 м. К Полярному Уралу (в Лаборовской впадине, где расположен комплекс озерных террас, густота эрозионного расчленения 1.6–1.8 км^2, а глубина 50–70 м, на локальных участках увеличивается до 100 м [15].

Четвертичные рельефообразующие отложения представлены пятью генетическими образованиями – морскими, лагунно-морскими, озерными, ледниковыми и аллювиальными. Они слагают соответствующие геоморфологические уровни. Состав этих отложений представлен песками, песками пылеватыми, глинами, суглинками и

суглинками, переслаивающимися с супесями. Однако существует не только пространственная дифференциация рыхлых отложений, но даже в пределах одних и тех же геоморфологических уровней, происходит изменение литологии по разрезу.

Формирование всех рыхлых отложений на территории полуострова Ямал происходило в условиях морского бассейна, следовательно, при хозяйственном освоении территории необходимо учитывать степень их засоленности. Наиболее засоленными являются салехардские отложения – 1.6% [7]. О.В. Лахтина [21] отмечает, что в разрезе от 2 до 20 м засоленность изменяется там, где происходит чередование литологических горизонтов, увеличиваясь вниз по разрезу. Кроме того, отмечается увеличение степени засоленности от молодых к более древним отложениям. Наименьшая засоленность – 0.17% характерна для прибрежно-морских отложений и I морской террасы. Аллювиальные отложения не засолены. По данным Ю.К. Васильчука и В.Т. Трофимова и др. [6] засоленность мерзлых грунтов в пределах Бованенковского ГКМ составляет 0.03–2.1%, а Харасавэйского – 0.2–1.4%.

Антропогенная трансформация рельефа. Освоение углеводородного сырья на территории полуострова Ямал сопровождается строительством объектов его разведки и добычи (заложением скважин), средств его транспортировки (магистральные трубопроводы, транспортные коммуникации – авто- и железные дороги, линии электропередач) и промышленно-жилых объектов.

Вокруг каждого техногенного объекта создается зона трансформации (изменения) природной среды. Ареной трансформации природной среды, прежде всего, является рельеф и малоустойчивые ландшафты. Рельеф, испытывая антропогенный пресс, подвергается преобразованиям. Степень этих изменений характеризует экологическую обстановку в регионе [5].

В.И. Кружалин и др. [19] рассматривают рельеф как фактор определения миграции техногенных потоков веществ и энергии, изменяющий экологическую ситуацию конкретного участка земной поверхности.

Для анализа степени антропогенного преобразования современного рельефа необходимо определить вид, продолжительность и интенсивность хозяйственного воздействия.

По определению И.С. Щукина [26] антропогенный рельеф – это совокупность форм земной поверхности, измененных или вновь созданных деятельностью человека. Примеры таких форм на Ямале – газоконденсатные скважины, магистральные трубопроводы, авто- и железные дороги и другие объекты инфраструктуры, которые, несомненно, следует рассматривать как встроенные в природную среду чужеродные элементы [24].

Между техногенными объектами и природной средой существуют сложные прямые и косвенные связи. В современных условиях, когда внедряются новые технологии строительства, возможна полная перепланировка рельефа: нивелировка неровностей рельефа (как положительных – срезание, так и отрицательных – засыпка) при подготовке площадок для скважин, объектов промышленного и жилого фонда, строительства насыпей для прокладки автомобильных и железных дорог, разработки карьеров, прокладки траншей, возведение эстакад и мостов. Вновь образованные формы антропогенного рельефа в значительной степени изменяют природный мезо- и микрорельеф.

Рассмотрим виды антропогенного воздействия на рельеф.

Площадные нарушения возникают при строительстве вахтовых поселков, промбаз, газоперекачивающих станций, при заложении кустов скважин, при разработке карьеров и других сооружений. В данной ситуации нарушается тепловлажностный режим грунта, что влечет за собой изменение глубины сезонного протаивания – промерзания и, следовательно, активизацию процессов заболачивания, пучения, неравномерной осадки грунта и развитие процессов термоэрозии [14]. Уничтожение растительного покрова в местах заложения карьеров на песчаных отложениях приводит к возникновению очагов дефляции.

Добыча газа сопровождается существенными изменениями геологической среды. При этом происходит перераспределение пластового давления, уплотнение массивов пород и их напряженное состояние, изменение уровня грунтовых вод. Из устного сообщения Г.А. Зотова на конференции (1998) следует, что оседание поверхности земли при разработке ГКМ может привести к локальным землетрясениям мощностью 1–2 балла.

Уплотнение и оседание поверхности даже на 0.5 м может вызвать резкое развитие процессов заболачивания, образование просадок, днища которых при заполнении водой вызовут оттаивание многолетнемерзлых пород. За счет дифференцированного изменения высот поверхности при просадках происходит изменение уклонов русел водотоков или дренаж других водотранспортных систем [1], что в дальнейшем может привести к изменению рисунка эрозионной сети. Как подчеркивает В.И. Кружалин, А.А. Лукашов и др.[19],

скорости осадок поверхности соизмеримы с современными неотектоническими движениями.

Раньше считалось, что газодобывающие скважины имеют точечный характер воздействия на рельеф, но в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород это воздействие распространяется на большие площади.

К опасным факторам при освоении месторождений относятся залежи внутри грунтового пластового льда, мощность которых достигает 50–60 м, и даже от сотен метров до 1–3 км. Наиболее крупные залежи пластовых льдов описаны в пределах Бованенковского газоконденсатного месторождения у озера Нейто и в долине р. Сёяхи-Мутная [8, 9].

По данным М.А. Коняхина [18] площадь отдельных залежей пластового льда в пределах Бованенковского ГКМ составляет не менее 18–20 м, а его основание иногда располагается ниже уровня моря. Вытаивание льда привело бы к коренной перестройке рельефа, уничтожению ландшафта и возможному затоплению морем значительной территории. Такая перспектива в большей степени касается западной части полуострова Ямал, поскольку большинство залежей пластовых льдов сосредоточено здесь.

Вокруг ствола скважины образуется ареал оттаивания, грунт проседает, а понижение заполняется водой, что стимулирует развитие термокарстовых процессов. При вторичном промерзании этого ареала уже начинают развиваться процессы пучения, приводящие к деформации ствола буровой. В конечном итоге такое резкое изменение направленности и интенсивности антропогенно-криогенных процессов может привести к аварийным ситуациям.

Природный рельеф по мере эксплуатации месторождения будет все более видоизменяться. Рельефообразующая деятельность человека заключается не только в создании антропогенного рельефа, но и в активизации рельефообразующих процессов, которые можно отнести к природно-антропогенным.

При строительстве промышленных и жилых объектов (вахтовые поселки, промбазы, газораспределительные станции, железнодорожные станции и другие объекты инфраструктуры) предварительно подготавливается площадка: уничтожается почти полностью растительный покров, проводятся планировочные работы (выравнивается рельеф). В результате происходит изменение поверхностного и подземного стока, изменение состояния многолетнемерзлых пород за счет оттаивания – промерзания, изменение направленности и интенсивности комплекса криогенных процессов.

Линейные нарушения. К ним относятся магистральные газопроводы, транспортные коммуникации (авто- и железные дороги), линии электропередач.

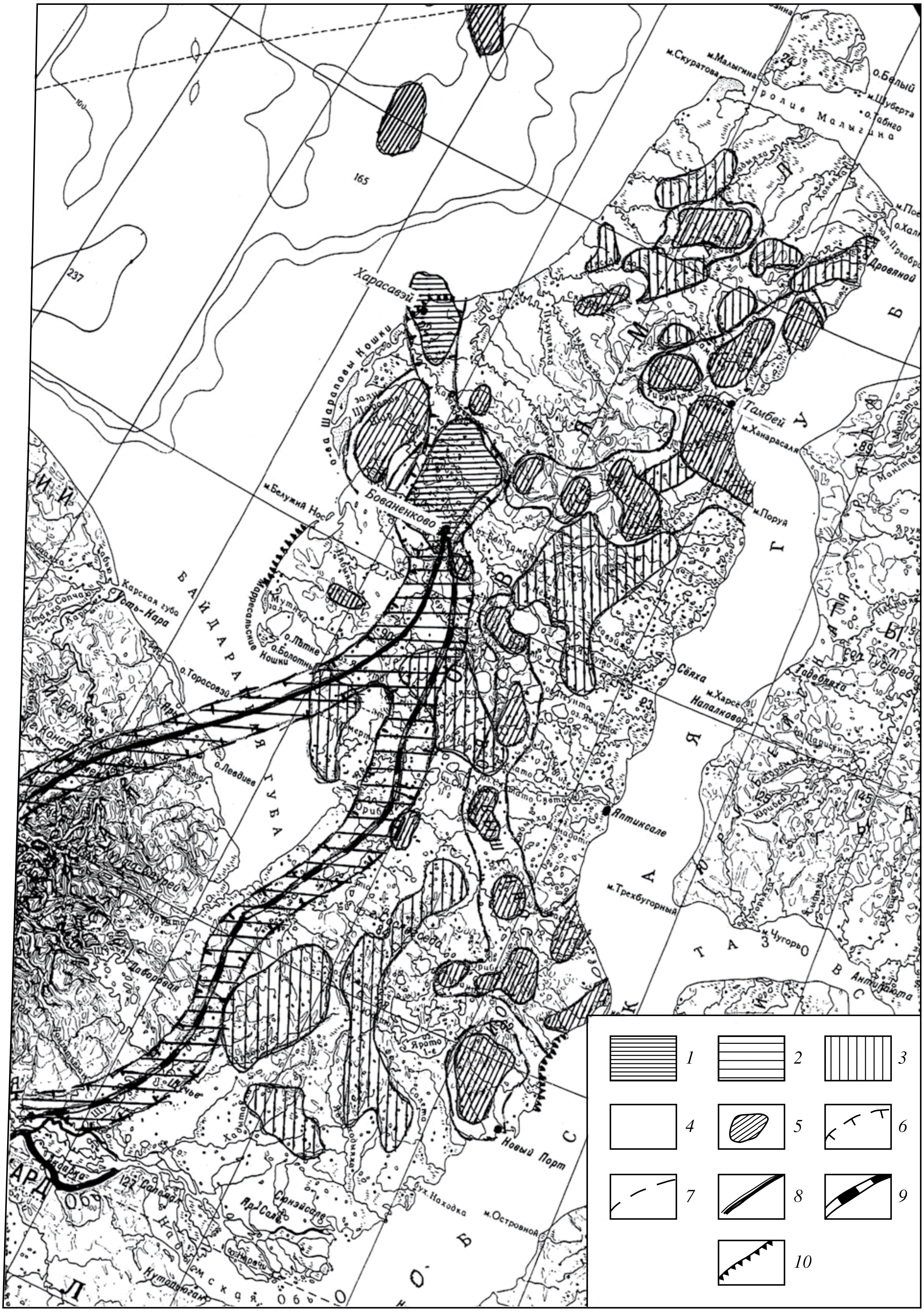
Линейные сооружения большой протяженности пересекают территории с различными природными условиями и, в первую очередь, с различными геокриологическими условиями (разнообразными температурными и влажностными характеристиками песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых отложений) и развитием комплекса криогенных процессов. Поэтому разные участки линейных сооружений будут подвергаться различным видам антропогенных воздействий.

Возведенная под автодорогу насыпь со временем начнет подвергаться воздействию морфодинамических процессов, которые приводят к изменению ее облика [11, 15]. Среди них: оседание блоков грунта по трещинам, образованным вдоль обочин; оплывание – перемещение блоков по мерзлому грунту вниз по откосу; солифлюкция – движение солифлюкционных потоков от обочины вниз по откосу; плоскостной смыв – смещение оттаявшего грунта вниз по откосу. На откосах развиваются процессы эрозии и термоэрозии с образованием борозд и промоин. У подножия откосов накапливается смещенный вниз грунт – пролювиальный шлейф.

Наблюдениями В.И. Евдокимова [10] установлено, что при пересечении автодорогой водотоков, которые в данном случае выступают в качестве препятствия, ее откосы будут подвергаться ветроволновому воздействию и разрушаться.

Прокладка труб, особенно в несколько ниток (так называемые “коридоры”) связана с большим объемом земляных робот. По обе стороны от линейных объектов образуется зона антропогенной трансформации природной среды. По данным В.П. Антонова-Дружинина [2], ее ширина может меняться от 50 м до 500 м и более. Эта зона состоит из двух подзон, взаимосвязанных процессами массо- и энергообмена: подзона воздействия строящегося газопровода и подзона эксплуатируемого газопровода. Каждая из них является очагом зарождения природно-антропогенных процессов, определяющих функционирование и, во многом, экологическую безопасность целостной газотранспортной системы.

На стадии строительства газопровода доминируют факторы механического воздействия, которому подвергаются горные породы и рельеф. На ста-


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Харасавэй
Бованенково
Тамбей
м.Ханарасаля
м.Поруй
Сёяха
Напалково
Яптиксале
м.Трехбугорный
м.Чугорья
Новый Порт
м.Островной
м.Белужий Нос
о-ва Шараповы Кошки
Мордыяхинские Кошки
о.Торасовэй
о.Левдиев
Карская губа
Усть-Кара
о.Белый
м.Скуратова
м.Малыгина
пролив Малыгина
м.Шуберта
о.Табңго
Дровяной
Обь
165
237

дии эксплуатации газопровода роль механических факторов уменьшается, и доминирующее значение при формировании области антропогенной трансформации природных геосистем переходит к фактору прямого теплового воздействия [16].

При антропогенном воздействии нарушается естественное состояние многолетнемерзлых пород за счет дополнительного поступления тепловой энергии от построенных разнообразных инженерно-техногенных систем. Это может вызвать не только активизацию существующих криогенных процессов, но и их новообразование.

Наблюдениями в аналогичных природных условиях на газопроводе Ямбург-Ныда (Тазовский полуостров) [16] установлено, что вокруг газопровода, заложенного в траншею с обвалованием ее грунтом, образуются талики, глубина которых зависит от температуры транспортируемого газа и типов местности. При промерзании таликов происходит вспучивание газопровода. Особую опасность представляют не абсолютные значения величины пучения, а неравномерность пучения по площади [12].

Пучение – фактор риска при возникновении аварий на газопроводах, которые определяют не только материальный, но и экологический ущерб и возможные непоправимые последствия для окружающей среды [22].

Зоны крупноячеистого полигонального рельефа являются опасными природными объектами при строительстве в их пределах инженерных сооружений [13]. Морозобойное растрескивание с образованием крупных полигонально-жильных структур при техногенном нарушении поверхности способствует развитию процессов термоэрозии и термокарста.

Склоновые криогенные процессы (быстрая и медленная солифлюкция, делювиальный смыв, сплывы) и термоэрозия наиболее активны на территории III морской террасы и представляют особую опасность при освоении территории.

Линейно-площадные нарушения включают участок линейного сооружения с сопутствующими инженерно-техническими объектами (железнодорожные станции, компрессорные станции, объекты, обслуживающие линейные сооружения. Эти участки хотя и незначительные по площади, но будут испытывать дополнительную антропогенную нагрузку, так как для поддержания объектов в рабочем состоянии необходимо привлекать дополнительную технику, что может увеличить нарушенность поверхности (образование полей с дальнейшим развитием на них линейного термокарста; увеличение глубины протаивания многолетнемерзлых пород).

Несколько иной аспект антропогенного преобразования рельефа рассматривает Г.И. Худяков [25]. Он считает, что вдоль морфологически скрытых разломов образуются зоны структурно-геодинамической неустойчивости – энергоопасные зоны. Эти зоны опасны при пересечении трубопроводами, автомобильными и железными дорогами, при строительстве и эксплуатации крупных производственно-жилых комплексов. Аварии на трубопроводах, пересекающих такие опасные зоны, чаще всего происходят в пределах контактов геоморфологических уровней, например, в зоне контакта крутого склона и плоской водораздельной поверхности.

Этим же вопросам посвящены и работы Л.Б. Аристарховой [3, 4]. Автор отмечает, что при усилении активности разрывных нарушений по естественным причинам или спровоцированных антропогенным воздействием, особенно в пределах площади месторождений, образуются микро- и макродеформации земной поверхности, активизируются деструктивные экзогенные процессы. Все это сказывается на экологическом состоянии окружающей среды.

Пространственный анализ антропогенного преобразования рельефа. Конкретным выражением пространственного антропогенного преобразования рельефа на осваиваемых территориях полуострова Ямал является составленная картосхема масштаба 1: 2 5000 000 (рисунок). На ней выделены районы, где степень преобразования рельефа оценивается через его нару-

←

Антропогенное преобразование рельефа на осваиваемых территориях полуострова Ямал

1 – очень сильное: значительные площадные нарушения территории в районах Бованенковского и Харасавэйского ГКМ, загрязнение почвогрунтов в местах заложения скважин, строительство подъездных дорог, изменение геокриологических условий, активизация криогенных процессов; *2 – сильное*: площадные и линейные нарушения в зоне построенной железной дороги Бованенково–Обская и строящегося магистрального газопровода Бованенково–Ухта (через Байдарацкую губу), изменение геокриологических условий, активизация криогенных процессов; *3 – менее сильное:* нарушение почвенно-растительного покрова на участках развития процессов дефляции; *4 – незначительное (локальное):* нарушенные территории в местах расположения пастбищных угодий. *Прочие условные обозначения: 5* – участки, перспективные на ГКМ – зоны будущего освоения; *6* – границы зоны антропогенного преобразования рельефа в районах интенсивного освоения (границы показаны условно); *7* – железная дорога Бованенково–Обская; *8* – магистральный газопровод Бованенково–Ухта; *9* – участки антропогенной активизации термоабразионных процессов.

шенность (площадные, линейные и линейно-площадные).

Наиболее освоенны в настоящее время Бованенковское, Харасавэйское месторождения. Вокруг каждого из построенных на этой территории технических объектов создаются зоны антропогенной трансформации рельефа, которые вызывают также и изменения окружающей среды. Геокриологические процессы и слабая изученность многолетнемерзлых пород являются главными факторами, осложняющими разработку месторождений. По экспертной оценке нарушенность территории составляет здесь до 70%, поэтому степень антропогенного преобразования рельефа оценивается как очень сильная.

На картосхеме показана зона антропогенного преобразования рельефа вдоль железной дороги Бованенково–Обская. Со временем здесь начнут развиваться природно-антропогенные процессы в теле и на поверхности полотна железной дороги и, в большей степени, на откосах насыпи. На прилегающих к железной дороге участках, затронутых строительной техникой, могут развиваться процессы термокаста, пучения, дефляции и особенно подтопления, так как дорога служит препятствием для стока поверхностных вод.

Зона антропогенной трансформации может образоваться и вокруг магистрального газопровода Бованенково–Ухта, который является сложным техническим сооружением. Здесь рельеф испытывает антропогенную нагрузку пока в большей степени на участке от Бованенково до северо-восточного побережья Байдарацкой губы. По сумме негативных последствий эти зоны характеризуются сильной степенью преобразования рельефа.

На полуострове Ямал почти одна треть занята песками и пылеватыми песками, на которых наблюдаются песчаные раздувы, образованные процессами дефляции. Основная причина развития процессов дефляции на песчаных отложениях –это уничтожение почвенно-растительного покрова. Степень преобразования рельефа менее сильная.

На остальной территории полуострова отмечаются локальные очаги антропогенного преобразования рельефа. Она в настоящее в время используется в основном под пастбищные угодья.

Поскольку поголовья оленей увеличивается, то не исключено, что очаги будут расширяться по площади. Кроме того, на картосхеме показаны зоны будущего освоения, как зоны высокого риска трансформации рельефа.

Заключение. В 2011 г. введена в эксплуатацию железная дорога Обская–Бованенково протяженностью 572 км. Она связала Ямал с сетью железных дорог за Уралом и, таким образом, обеспечила нормальное функционирование одного из крупнейших месторождений на Ямале – ГКМ, которое введено в эксплуатацию в октябре 2012 г. Началось строительство магистрального газопровода Бованенково–Ухта через Байдарацкую губу.

Масштабы хозяйственного освоения территории полуострова Ямал будут увеличиваться, а следовательно, антропогенное преобразование природной среды будет захватывать все большие территории.

Антропогенное нарушение рельефа начинается с нарушения территории вокруг строящихся объектов. Выделены три категории нарушений: площадные (возникают при разработке ГКМ и строительстве промышленно-транспортных объектов и других видов инфраструктуры); линейные (при прокладке транспортных коммуникаций); и линейно – площадные (при строительстве промышленно-жилых объектов и сети транспортных коммуникаций). Влияние антропогенного воздействия на рельеф и их последствий должно базироваться на анализе триады: воздействие – нарушение – процесс.

Природный рельеф по мере освоения будет все более видоизменяться. Рельефообразующая роль человека заключается не только в создании антропогенного рельефа, но и в активизации рельефообразующих процессов, которые можно отнести к природно-антропогенным.

Газоконденсатные месторождения Ямала необходимо осваивать с применением новейших экологически безвредных технологий – только так можно наиболее эффективно использовать природные богатства полуострова.

Основным принципом использования грунтов тундровой зоны в качестве основания транспортных коммуникаций и сопровождающих сооружений является поддержание их в естественном мерзлом состоянии в процессе строительства и эксплуатации объекта [23].

Первоочередные мероприятия на осваиваемых территориях должны включать: рекультивацию нарушенных территорий – восстановление нарушенного почвенного и растительного покрова, природной и геологической среды, составление карт эколого-геоморфологического мониторинга, предназначенных для контроля и мониторинга состояния окружающей среды. Программа комплексного, в том числе космического, мониторинга должна быть дополнена данными об антропогенных изменениях в состоянии рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адам А.М., Цибульников М.Р.* Качественное истощение минерально-сырьевой базы углеводородов, как источник экологической опасности в Западной Сибири // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Омск: Изд-во Омского ун-та, 2003. С. 268–271.
2. *Антонов-Дружинин В.П.* Физико-географические предпосылки оптимизации геотехнических систем Севера (на примере газотранспортной системы Уренгойского месторождения): Автореф. дис. … канд. геогр. наук. М.: ИГРАН, 1991. 24 с.
3. *Аристархова Л.Б.* Опыт специального эколого-геоморфологического картографирования нефтегазоносных территорий, осложненных активными разрывными нарушениями // Проблемы специализированного геоморфологического картографирования. Волгоград: Перемена, 1996. С. 88–90.
4. *Аристархова Л.Б.* Активные разрывные нарушения и экологическая уязвимость нефтегазоносных территорий // Геоморфология. 1997. № 4. С. 19–27.
5. *Булдович С.Н., Гарагуля Л.С., Оспенников Е.Н.* Опасные процессы при разработке нефтегазовых месторождений // Природные опасности России. Геокриологические опасности. М.: КРУК, 2000. С. 191–198.
6. *Васильчук Ю.К., Трофимов В.Т., Зайцев В.Н. и др.* Характеристика грунтов криогенного генезиса // Инженерная геология России. Т. 1. Грунты России / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А.Вознесенского, В.А.Королёва. М.: КДУ, 2011. С. 397–407.
7. *Демедюк Л.М., Горская Г.С., Данилова Н.С.* Вопросы инженерно- геологического картирования трасс линейных сооружений // Вопросы региональной и инженерной геокриологии. М.: Стройиздат, 1983. С. 19–28.
8. *Дубиков Г.И.* Подземные льды Западной Сибири // М-лы VIII Всесоюз. межвед. сов. по геокриологии (мерзлотоведение). Якутск: Якут. кн. изд-во, 1966. Вып. 3. С. 44–50.
9. *Дубиков Г.И., Корейша М.М., Пармузин С.Ю.* Новые результаты исследований пластовых льдов на Ямале // Региональные геокриологичекие исследования. М.: Стройиздат, 1985. С. 27–37.
10. *Евдокимов В.И.* О защите насыпей внутрипромысловых автомобильных дорог полуострова Ямал от ветроволнового воздействия // Науч.-техн. информ. сб. 2005. № 1. С. 24–33.
11. Евдокимов В.И. Морфодинамика линейных насыпей в условиях Севера Западной Сибири // Геоморфология. 2006. № 2. С. 34–42.
12. *Ершов Э.Д. Чеверёв В.Г.* Морозное пучение горных пород // Природные опасности России. Геокриологические опасности. М.: КРУК, 2000. С. 49–54.
13. *Ершов Э.Д., Зайцев В.Н., Пармузин С.Ю.* Морозобойное растрескивание мерзлых массивов горных пород и формирование полигонально- жильных структур // Природные опасности России. Геокриологические опасности. М.: КРУК, 2000. С. 54–61.
14. *Козлова А.Е.* Эколого-геоморфологические ситуации на территории полуострова Ямал // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем. М-лы XXXI Пленума Геоморфол. комиссии РАН. 2011. Ч. II. С. 289–292.
15. *Козлова А.Е., Евдокимов В.И.* Оценка природно-техногенных геоморфологических ситуаций на полуострове Ямал // Очерки по геоморфологии урбосферы. М.: Медиа-ПРЕСС, 2009. С. 244–276.
16. *Козлова А.Е., Некрасова Л.А.* Эколого-геоморфологические исследования на севере Западной Сибири // Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. Т. 1. С. 135–150.
17. *Козлова А.Е., Романенко Ф.А.* Изменение рельефа при хозяйственном освоении полуострова Ямал // Антропогенная геоморфология:наука и практика. М-лы XXXII Пленума Геоморфол. комиссии РАН. Белгород, 2012. С. 243–246.
18. *Коняхин М.А.* Подземные льды и динамика криосистем // Геоэкология Севера. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. С. 43–50.
19. *Кружалин В.И., Лукашов А.А., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Геоморфологические исследования в решении экологических проблем // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1992. № 4. С. 8–14.
20. *Кудряшов В.Г.* Геоморфологические уровни // Полуостров Ямал (инженер.-геолог. очерк). М.: Изд-во МГУ, 1975. С. 56–67.
21. *Лахтина О.В., Рыжов В.И., Стрелецкая И.Л., Стремяков А.Я.* О засоленности четвертичных отложений западной части полуострова Ямал // Вопросы региональной и инженерной геокриологии. М.: Стройиздат, 1983. С. 88–101.
22. *Мазур И.И., Иванцов О.М., Молдаванов О.И.* Конструктивная надежность и экологическая безопасность трубопроводов. М.: Недра, 1990. 224 с.
23. Строительные нормы и правила. Ч. II. Нормы проектирования. Гл. 18. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. (СНиП–18–76). М.: Стройиздат, 1977. 48 с.
24. *Тетельмин В.В., Язев В.А.* Геоэкология углеводородов. Сер. “Нефтегазовая инженерия”. М.: Интеллект, 2009. 304 с.
25. *Худяков Г.И.* Энергоопасные зоны и трансрегиональные трубопроводы // Проблемы экологической геоморфологии (М-лы Межгос. сов. XXV Пленума Геоморфолог. комиссии РАН). Белгород: Изд-во БелГУ, 2000. С. 79–80.
26. *Щукин И.С.* Четырехъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Под ред. Спиридонова А.И. М.: Сов. энциклопедия, 1980. С. 29.

Anthropogenicrelief change during the economic development of yamal

A. Ye. Kozlova

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

The Yamal Peninsulais oneof the most promisingregionsfor the extractionof hydrocarbons inRussia. In this regard,the scopeof its economic developmenteach yearwill increaseand be accompanied bythe construction ofvarious man-madeobjects. They form the zone of transformation(violation)of the natural environment, and relatively unstablelandscapes.The paper considersthree categories ofanthropogenicdisturbancesof relief:areal, linear and linear-areal. The estimation ofanthropogenic transformation ofthe reliefby thedegree ofdisturbance, as well as recommendations for itsprotectionare given.