

ПРИРОДООХРАННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БАССЕЙНА РЕКИ НАДЫМ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

О.Е. Пономарева

Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия, o-ponomareva@yandex.ru

Многолетний мониторинг экзогенных геологических процессов ведется на Надымском стационаре (северная тайга Западной Сибири) с 1972 г. Наблюдения за многолетним пучением и термокарстом выполнялись на стационарных площадках и профилях в естественных и нарушенных условиях, что позволило оценить динамику их развития за 38 лет. Повторное дешифрирование аэро- и космоснимков залетов разных лет использовалось для выявления площадей, занятых болотами, и для оценки тенденции заболачивания. На основе анализа полученной информации о направлении и интенсивности развития процессов были внесены коррективы в ранее составленную карту природоохранного районирования геологической среды Западно-Сибирского нефтегазового комплекса масштаба 1:1 000 000.

Многолетнее пучение, термокарст, заболачивание, природоохранное районирование

NATURE CONSERVATION ZONING IN NADUM RIVER BASIN (WEST SIBERIA)

O.E. Ponomareva

Earth Cryosphere Institute, SB RAS, 625000, Tyumen, P/O box 1230, Russia, o-ponomareva@yandex.ru

Since 1971 the long-term monitoring of exogenous geological processes has been carried out at Nadym stationary in the northern taiga of West Siberia. The observations of frost heave and thermokarst fulfilled on plots and profiles in natural and disturbed conditions have allowed estimating of the dynamics of their development. The re-decoding of aero- and space images of different years has been used for revealing the areas occupied with bogs and for the assessment of bogging tendency. The analysis of the obtained information on the direction and intensity of process development gives a possibility to amend the map of nature conservation zoning of the geological medium of the West Siberian oil-and-gas complex on a scale 1:1 000 000.

Long-term frost heave, thermokarst, bogging, nature conservation zoning

ВВЕДЕНИЕ

Острота экологических проблем, возникших при освоении северных равнин, побудила многих исследователей, работающих в криолитозоне, обратиться к природоохранной тематике [Васильев, 1998; Москаленко, 1999; Мяло, 2000; Микроочаговые процессы..., 2000; Кондратьев и др., 2002; Rickard, Brown, 1974]. К настоящему времени изучено влияние хозяйственной деятельности на флору, фауну и экологические условия в разных регионах Севера, созданы классификации видов техногенных воздействий, намечены подходы к рекультивации интенсивно осваиваемых районов и охране природы. Тем не менее динамика экосистем Севера, подвергшихся техногенному воздействию, остается почти неизученной. Выявление закономерностей развития инженерно-геологических процессов до и после техногенного вмешательства – составная часть этой большой проблемы. Без информации о развитии процессов невозможны ни прогноз восстановления экосистем после прекращения техногенного воздействия, ни выбор рациональных мероприятий по рекультивации.

МЕТОДЫ И РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Многолетние (38-летние) наблюдения проводились на Надымском стационаре, расположенном в зоне северной тайги Западной Сибири, на III озерно-аллювиальной равнине. Многолетнемерзлые породы (ММП) здесь имеют островное распространение. Они развиты под буграми и грядами пучения и торфяниками. Кровля реликтовых (плейстоценового возраста) ММП залегает на глубине около 100 м. Инженерно-геологическая съемка на стационаре проводилась в 1971 г. После прокладки газопровода Надым–Пунга (в 1972 г.) был организован мониторинг геосистем в естественных и нарушенных условиях. Исследования ведутся на стационарных площадках, профилях длиной 300 м, пересекающих трассу газопровода, зону отчуждения вдоль трассы (шириной 25 м по обе стороны от трассы), грунтовую дорогу, ЛЭП и территорию, не затронутую хозяйственной деятельностью.

На стационарных профилях и площадках изучаются растительный покров, мощность сезонно-талого слоя (СТС), температура ММП, а также динамика процессов заболачивания, термокарста и многолетнего пучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Заболачивание изучалось в нарушенных и естественных условиях. Исследование заболачивания в нарушенных условиях проводилось на участке стационара, через которую проходит газопровод Надым–Пунга. Сопоставлялись площади, занятые болотами, в 1977 и 1988 гг. Данные о площади болот получены по материалам дешифрирования крупномасштабных (1:5000) аэроснимков. Помимо болот на снимках были выделены торфяники, озерки, газопровод, проложенный в насыпи, и карьер, заложенный на минеральном бугре пучения для взятия песка, использованного для насыпанной грунтовой дороги. Площадь дешифрирования составила 1600 м². Сравнение отдешифрированных аэроснимков (рис. 1) показало, что за 10 лет площади озерков заметно не изменились, но площади болот увеличились на 28 % (с 29 % в 1977 г. до 57 % в 1987 г.). Увеличение площади, занятой болотами, вызваны как естественными, так и техногенными причинами.

Естественной причиной развития заболачивания могло бы быть увеличение количества атмосферных осадков. Однако анализ метеоданных по станции Надым убедительно свидетельствует, что количество атмосферных осадков в 1977–1988 гг. оставалось приблизительно одинаковым (рис. 2).

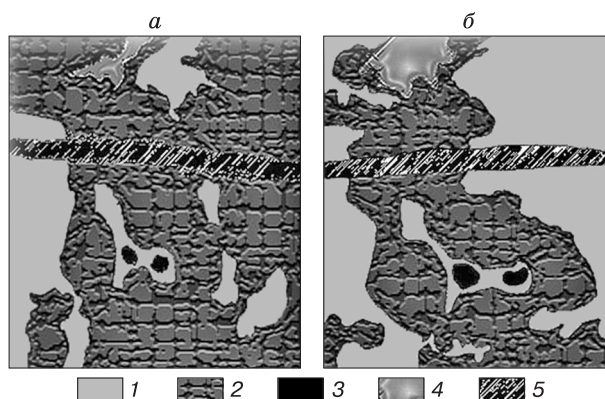


Рис. 1. Отдешифрированные аэрофотоснимки участка Надымского стационара (м-б 1:5000) залетов 1977 г. (а) и 1987 г. (б):

1 – болота; 2 – торфяники; 3 – озерки; 4 – карьер; 5 – газопровод в насыпи.

Следовательно, причина развития заболачивания имеет техногенный характер.

Главной техногенной причиной развития заболачивания, судя по данным С.М. Новикова [1984], О.В. Полкошниковой и В.А. Сущени [1981], было уплотнение слоя торфяной залежи на

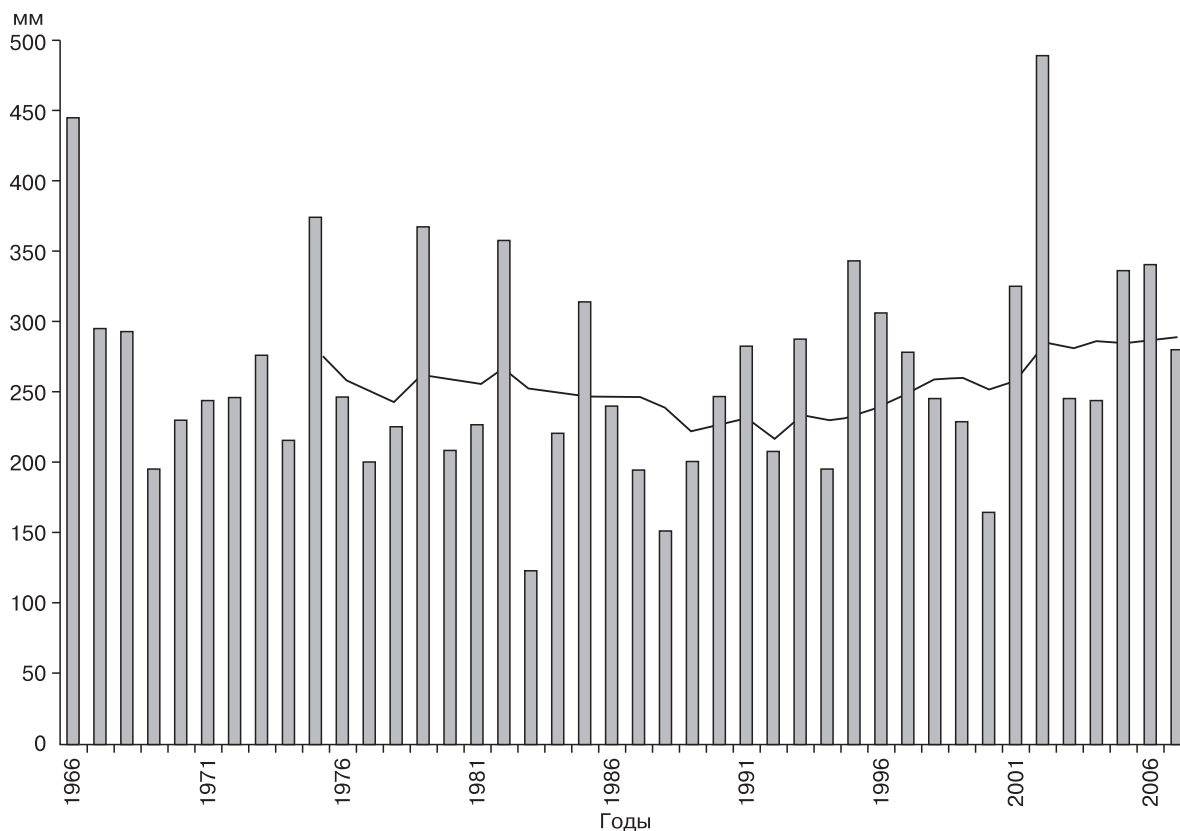


Рис. 2. Сумма ежемесячных летних атмосферных осадков в Надымском районе (метеостанция г. Надым) и линия тренда.

болотах под трассой газопровода и грунтовой дорогой, проложенной вдоль нее. Уплотненный торф и насыпь над газопроводом играют роль своеобразной плотины, препятствующей поверхностному и подземному стоку болотных вод. Перепады уровней болотных вод по обе стороны от зоны нарушений на Надымском стационаре достигают 50–100 см. Барражный эффект газопровода особенно сильно проявляется при отрицательной температуре воздуха, так как сезонное промерзание уплотненной торфяной залежи оказывается более глубоким, чем в неуплотненном торфе. Именно поэтому максимальное увеличение площади болот зафиксировано на участках, примыкающих к дорогам или трубопроводам.

Расширение площади, занятой болотами, сопровождается подтоплением (подъемом уровня подземных вод) и появлением небольших озер, вытянутых вдоль газопровода. Размеры зоны подтопления меняются от года к году и от сезона к сезону. В период весеннего снеготаяния размеры зоны подтопления и площади озер максимальные. Летом в связи с оттаиванием пород СТС и улучшением условий подземного стока размеры зоны подтопления и площади озер обычно сокращаются. Максимальной ширины (600 м) зона подтопления достигала весной 2005 г., после реконструкции первой нитки газопровода Надым–Пунга. Отсыпка новой насыпи осенью 2004 г. вызвала резкое изменение условий стока поверхностных и подземных вод и привела к активизации подтопления и появлению новых озер. Сокращение размеров зоны подтопления и спуск озер произошли только к лету 2006 г., после прорыва поверхностными водами насыпи газопровода. Таким образом, наблюдения 2005 г. показали, что максимальная ширина зоны с нарушенными условиями стока поверхностных и подземных вод (зоны влияния газопровода и дороги) оказалась намного больше ширины зоны отчуждения вдоль газопровода, составляющей 25 м по обе стороны от газопровода.

Второстепенной (по масштабам проявления) техногенной причиной заболачивания на Надымском стационаре является создание в процессе хозяйственной деятельности отрицательных форм рельефа на плоской слабодренированной поверхности. Небольшие по площади болота и озера, которые постепенно заболачиваются, могут возникать при снятии растительного покрова, в термокарстовых понижениях, редко возникающих на Надымском стационаре без вмешательства человека. Такие болота и озера сохраняются достаточно длительное время.

Для выявления тенденций развития заболачивания в естественных условиях были отдешифрированы космоснимки (м-ба 1:70 000) за летов 1989 и 2004 гг. Сопоставление полученных результатов показало, что за 15 лет площади, занятые болотами в естественных условиях, увеличились всего на 1,5 %, несмотря на то, что количество летних атмосферных осадков возросло с 225 мм (1989 г.) до 290 мм (2004 г.) (см. рис. 2). Судя по тренду, тенденция к незначительному увеличению количества атмосферных осадков в ближайшее время сохранится, поэтому можно ожидать небольшого разрастания болот.

Итак, естественные причины приводят к незначительному росту площади, занятой болотами. Техногенные причины, напротив, вызывают большое увеличение площади болот вдоль трасс газопровода и дорог, которое может быть компенсировано прокладкой и своевременным ремонтом дренажных сооружений. Поэтому при составлении природоохранной карты заболачивание отнесено к неопасным инженерно-геологическим процессам.

Термокарст в естественных условиях не активен, хотя имеются многочисленные свидетельства его протекания в прошлом. Так, многие современные ложбины стока заложены по древним полигонам, а ряд озер и сухих понижений имеют, несомненно, термокарстовое происхождение.

Термокарст на территории, нарушенной в процессе хозяйственной деятельности, протекает достаточно активно. Так, при прокладке газопровода Надым–Пунга в 1971 г. на территории Надымского стационара было нарушено несколько гряд многолетнего пучения. На одной из гряд, сложенной с поверхности льдистым торфом, снятие растительного покрова и части торфяного горизонта привело к развитию термокарста. Осадка поверхности гряды пучения за 2,5 года составила 70–104 см. Столь быстрая и значительная осадка поверхности представляет опасность для инженерных сооружений. Через 2,5 года осадка гряды прекратилась и сменилась медленным поднятием, вызванным многолетним промерзанием и пучением промерзших пород. Инструментальные измерения показали, что подъем гряды происходит медленно, поэтому за 35 лет поверхность гряды так и не достигла своего первоначального положения, т. е. подъем гряды составил менее 1 м.

Важно отметить, что в тех грядах и буграх пучения, где льдонасыщенные грунты не были вскрыты, процесс термокарста не развивался.

Интересные данные получены при расчете* возможной тепловой осадки ММП Надымского

* Расчет показал, что величины осадок незначительны и современные климатические условия не способствуют развитию термокарста на не нарушенной техногенным вмешательством территории Надымского района. Расчет выполнен по методике Ю.Л. Шура [*Методические рекомендации...*, 1981] для 30-летнего периода. Данные о мощности СТС и объемной массе скелета мерзлого и талого грунта брались за 1974 и 2005 гг. Установлено, что для отложений, слагающих крупнобугристые торфяники и торфяно-минеральные бугры пучения, максимальная тепловая осадка за эти годы могла достигнуть 20–40 см, а на плоскобугристых торфяниках не превышала 1 см.

стационара при увеличении глубины их сезонного оттаивания. Расчеты показали: 1) современные климатические условия не способствуют развитию термокарста на территории, не нарушенной техногенным воздействием; 2) величины естественных просадок поверхности (если не вскрыты льды и льдонасыщенные грунты) ничтожно малы.

Опасное развитие термокарста возможно лишь при нарушении торфяно-минеральных и торфяных бугров пучения, сложенных с поверхности льдистым торфом.

Многолетнее пучение изучалось методом повторного нивелирования поверхности у 350 марок вдоль четырех стационарных профилей, пересекающих старые, молодые (менее 30 лет) бугры, гряды пучения и торфяники. Нивелирование поверхности производилось относительно глубинного репера ежегодно, в конце августа. Это позволяет получать информацию об изменении высот всех 350 точек.

Установлено, что за 38 лет поверхность бугров пучения и торфяников поднялась на 60–70 см. Подъем поверхности был неравномерным, импульсами, максимальный наблюдался в наиболее холодные зимы. В “теплые” годы поверхность у некоторых марок оседала. Пучение на буграх происходит неравномерно по площади. Центральная часть бугров в целом испытывает подъем, а на склонах пучение часто сменяется опусканием, в итоге относительные отметки изменяются мало [Ponomareva, Shur, 2008].

Наблюдения показывают, что многолетнее пучение пород активно протекает в естественных условиях как на молодых, возникших в последние 30 лет, буграх пучения, так и на древних буграх, а также на плоскобугристых торфяниках. При техногенном нарушении бугров и торфяников, сложенных с поверхности малолдыстыми породами, интенсивность пучения не изменяется. Если при хозяйственном освоении вскрываются льдистые породы, то пучение возобновляется лишь после завершения тепловой осадки.

Многолетнее пучение пород, развивающееся в Надымском районе как в естественных, так и в нарушенных условиях, следует относить к опасным инженерно-геологическим процессам.

ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМЫ ПРИРОДООХРАННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ (ПО ВЕДУЩИМ ПРОЦЕССАМ)

Схема природоохранного районирования бассейна р. Надым масштаба 1:1 000 000 (по ведущим процессам) составлялась на основе “Карты природоохранного районирования геологической среды криолитозоны Западной Сибири” масштаба

1:1 000 000 [Мельников, Москаленко, 1988а] и “Карты природных комплексов севера Западной Сибири для целей геоэкологического прогноза и планирования природоохранных мероприятий при массовом строительстве” масштаба 1:1 000 000 [Мельников, Москаленко, 1991]. Оценка устойчивости геологической среды природоохранных районов к техногенному воздействию на этих картах проводилась на основе анализа комплекса показателей: состава поверхностных отложений, их среднегодовой температуры, суммарной льдистости и макрольдистости, мощности сезонноталого и сезонномерзлого слоев, пораженности физико-геологическими явлениями, прогноза развития экзогенных геологических процессов и скорости восстановления растительного покрова. Главным показателем была принята степень активизации экзогенных геологических процессов, а также их скорость и площадь поражения.

В качестве основного типа техногенных нарушений рассматривалось снятие растительного покрова и верхнего торфянистого горизонта мощностью до 20 см, нарушение микрорельефа.

При составлении карт 1988 и 1991 гг. считалось, что многолетнее пучение активно происходит лишь на молодых буграх пучения, тогда как древние бугры пучения постепенно деградируют. Возможность развития процессов многолетнего пучения на плоскобугристых торфяниках вообще не учитывалась.

При составлении схемы границы ранее выделенных природоохранных районов [Мельников, Москаленко, 1988б] были сохранены, но в оценку устойчивости геосистем были внесены коррективы с учетом данных длительного мониторинга многолетнего пучения, термокарста и заболачивания, полученных на Надымском стационаре под руководством Н.Г. Москаленко за последние 38 лет.

К группе **устойчивых** отнесены районы, в которых техногенное воздействие не приводит к активизации экзогенных геологических процессов. Это районы, в которых поверхностные отложения сложены песками, а криогенные процессы практически не развиты. В них при освоении наблюдается слабая активизация заболачивания и дефляции, медленно протекающих во времени, охватывающих небольшие площади и не представляющих серьезной опасности для сооружений и среды. В этих районах в местах сильных нарушений, где активизируется дефляция, рекомендуется проводить биологическую рекультивацию, приостанавливающую развитие данного процесса.

К группе **среднеустойчивых** отнесены районы, в которых отмечается слабая активизация опасных криогенных (солифлюкция, термоэрозия, пучение и др.), эрозионных и оползневых процес-

сов, протекающих локально. Это районы, в которых поверхностные отложения представлены переслаиванием песков пылеватых, супесей, суглинков, ММП с относительно низкой льдистостью, а процессы пучения и термокарста слабо развиты. На участках с проявлениями солифлюкции, термоэрозии, пучения требуется осуществлять инженерную и биологическую рекультивацию.

К группе **слабоустойчивых** относятся районы, в которых при техногенном нарушении прогнозируется активизация опасных экзогенных геологических процессов на значительных площадях. Это районы, в которых поверхностные отложения представлены торфом, суглинками или глинами, ММП имеют высокую льдистость, широко развиты криогенные процессы. В таких районах техногенное вмешательство должно сопровождаться повсеместным проведением инженерных мероприятий (возведением водоотводных

устройств, подсыпок, покрытий и др.), а в местах сильных нарушений на склонах также и биологической рекультивацией.

С наличием в ряде средне- и слабоустойчивых природоохранных районов больших по площади массивов плоскобугристых торфяников, охваченных процессом многолетнего пучения, скоплений бугров и гряд пучения связана необходимость выделения двух новых типов районов: **среднеустойчивых с неустойчивыми участками** и **слабоустойчивых с неустойчивыми участками**. На неустойчивых участках после освоения следует проводить инженерную и биологическую рекультивацию, направленную на восстановление условий, близких к исходным. Кроме того, рекомендуется мониторинг криогенного пучения и термокарста.

Таким образом, на схеме природоохранного районирования выделено пять групп районов с различной интенсивностью протекания инженерно-геологических процессов и набором мер по рекультивации.

Слабоустойчивые районы и слабоустойчивые районы с неустойчивыми участками занимают 2/3 рассматриваемой территории, что видно на фрагменте схемы, представленном на рис. 3.

Карта природоохранного районирования позволяет, по возможности, исключить строительство сооружений в районах с опасными экзогенными геологическими процессами или проектировать полномасштабные природоохранные мероприятия, если хозяйственную деятельность в этих районах исключить невозможно.

ВЫВОДЫ

1. Составлена новая схема природоохранного районирования на территорию бассейна р. Надым. Масштаб схемы 1:1 000 000. При этом были учтены тенденции развития основных криогенных процессов: многолетнего пучения, термокарста и заболачивания, выявленные в ходе 38-летнего мониторинга. Схема существенно отличается от ранее составленной карты природоохранного районирования [Мельников, Москаленко, 1988а].

2. Многолетнее пучение пород следует считать наиболее опасным инженерно-геологическим процессом, так как доказана активность процесса как в естественных, так и в нарушенных условиях для многих урочищ, в том числе для плоскобугристых торфяников.

3. Наблюдениями доказано, что в естественных условиях процесс термокарста не активен. Опасное и активное развитие процесса происходит при техногенном нарушении торфяно-минеральных и торфяных бугров пучения, сложенных сильнольдистыми породами.

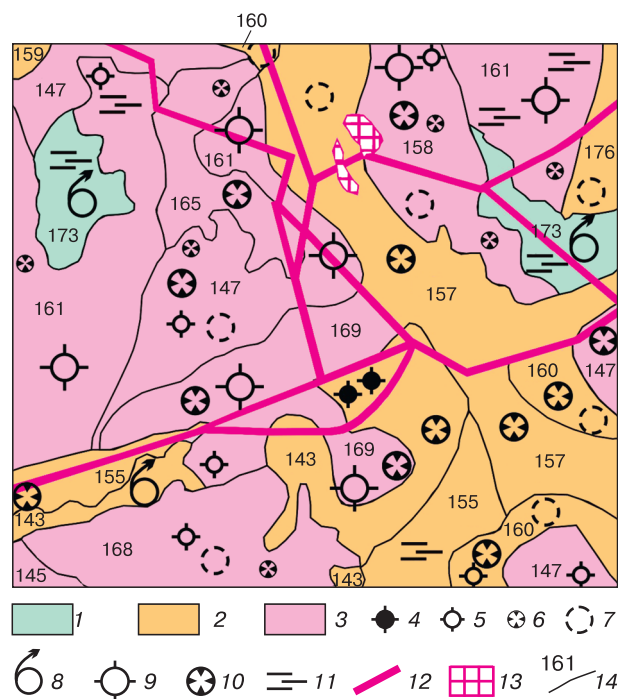


Рис. 3. Фрагмент природоохранной схемы бассейна р. Надым (Западная Сибирь). Масштаб 1:1 000 000.

Природоохранные районы: 1 – с устойчивыми геосистемами, 2 – со среднеустойчивыми геосистемами и неустойчивыми участками, 3 – со слабоустойчивыми геосистемами и неустойчивыми участками. *Формы рельефа:* 4 – одиночные бугры многолетнего пучения, 5 – скопления многолетних бугров пучения, 6 – скопления термокарстовых озерков и западин. *Прогнозируемые экзогенные геологические процессы:* 7 – новообразование ММП, 8 – дефляция, 9 – многолетнее пучение, 10 – термокарст, 11 – заболачивание. *Техногенные нарушения:* 12 – линейные, 13 – площадные. 14 – номер и граница природоохранного района.

Экспликация к рис. 3

Доминантный тип местности, *1	Индекс ландшафта, *2	Состав поверхностных отложений до глубины 10 м (их льдистость)	Тип нарушения покрова, *3	Годы от начала нарушения	Растительный покров, *4	Сомкнутость крон	Суммарная степень проективного покрытия травами, кустарниками, мхами, лишайниками	Мощность $\frac{СТС}{СМС}$, м, *5	Температура пород на глубине 10 м, °С	Экзогенные геологические процессы, *6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Группа районов с устойчивыми геосистемами, район № 173										
Г	IV, III la	Пески	НН	0	$\frac{л, б}{р-к, л}$	0,3	130	$\frac{-}{1,5-2,5}$	0	Зб; ЭД
			ИМ	1-20	$\frac{б}{о, в, р-п, л}$	0,1	80	$\frac{2}{4}$	-1,5	НММП; ЭД; Эр
			ПБ	1-20	-	-	-	$\frac{2}{4}$	-1,5	НММП; ЭД; Эр (ув)
			ПБС	1-20	-	-	-	$\frac{2}{4}$	-4,0	НММП; ЭД (сильно ув); Рл
Группа районов со среднеустойчивыми геосистемами и неустойчивыми участками										
Район № 143										
Г	IV, III la	Пески, супеси (<0,2)	НН	0	$\frac{л, б}{р-к, л}$	0,3	130	$\frac{0,5-1,0}{1,0-3,0}$	0-0,5	Зб; Тк; Пм
			ИМ	1-20	$\frac{б}{о, в, р-п, л}$	0,1	80	$\frac{2}{4}$	-1,5	Тк; Эр; НММП; ЭД
			ПБ	1-20	-	-	-	$\frac{2}{4}$	-1,5	
			ПБС	1-20	-	-	-	$\frac{2}{4}$	-4,0	Тк; Эр; НММП; ЭД
Район № 155										
П-Г	I-Па	Пески, супеси с гравием и галькой (<0,2), линзы льда	НН	0	$\frac{к, б}{в, р-л, д}$	0,5	150	$\frac{0,5-1,5}{1,5-3,0}$	0...-0,5	Зб; Пм
			ИМ	1-20	$\frac{б}{о, в, р-п, д}$	0,2	100	$\frac{2,5}{4}$	-2,0	Тк; НММП; Пм
			ПБ	1-20	-	-	-	$\frac{2,5}{4}$	-2,0	
			ПБС	1-20	-	-	-	$\frac{2,5}{4}$	-4,0	Тк; НММП; Пм; Р
Район № 157										
Б	Па	Пески, супеси (<0,2), линзы льда	НН	0	$\frac{ел, к, б}{б, о-л, с}$	0,5	150	$\frac{0,5-2,0}{1-3}$	0...-1,0	Зб
			ИМ	1-20	$\frac{б}{о, в, б-п, с}$	-	100	2,5	-2,0	Тк; Зб; НММП; Пм
			ПБ	1-20	-	-	-	2,5	-2,0	Тк; Зб; НММП; Пм
			ПБС	1-20	-	-	-	2,5	-4,0	Тк; Зб; НММП; Пм (ув); Р
Район № 159										
Г	I, Па	Пески, супеси (<0,2)	НН	0	$\frac{с, б}{р-к, л}$	0,2	130	$\frac{0,5-1,0}{1-3}$	0...-0,5	Зб; Пм
			ИМ	1-20	$\frac{б}{я, в, р-п, л}$	0,1	80	2,5	-2,0	НММП; Пм; Эр; ЭД

Продолжение экспликации к рис. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Г	I, Па	Пески, супеси (<0,2)	ПБ	1-20	-	-	-	2,5	-2,0	НММП; Пм; Эр; ЭД			
			ПБС	1-20	-	-	-	2,5	-4,0	НММП; Пм (ув); ЭД (ув)			
Район № 160													
Г, Б	I, Па	Пески, супеси (0,2-0,4), линзы льда	НН	0	$\frac{л}{б, p-к, c}$	0,1	130	$\frac{0,3-1,0}{0,6-3,0}$	0...-1,0	Зб; Пм			
			ИМ	1-20	-	-	80	$\frac{2}{4}$	-1,5	НММП; Пм; Тк; Эр; ЭД			
			ПБ	1-20	-	-	-	$\frac{2}{4}$	-1,5	НММП; Пм; Тк; Эр (ув); ЭД (ув)			
			ПБС	1-20	-	-	-	$\frac{2}{4}$	-4,0	НММП; Пм; Тк; Эр; ЭД; Р			
Район № 176													
Е	Vm	Суглинки, супеси (0,2-0,4)	НН	0	$\frac{л, ел}{б, p-л, к}$	0,4	130	$\frac{-}{1-1,5}$	0,5...-2,0	Зб; Эр; Пс			
			ИМ	5	$\frac{-}{в, о}$	-	30	$\frac{1,7}{-}$	-2,0	НММП; Эр; Пс			
				10	$\frac{-}{о, в-п}$	-	60	$\frac{1,7}{-}$	-3,0	НММП; Эр; Пс			
				20	$\frac{б}{о, в, p-л, н}$	0,2	90	$\frac{1,2}{-}$	-3,0	НММП; Эр; Пс			
			ПБ	5	-	-	-	$\frac{-1,7}{-}$	-2,0	НММП; Эр; Пс			
				10	-	-	-	$\frac{-1,7}{-}$	-3,0	НММП; Эр; Пс			
				20	-	-	-	$\frac{-1,7}{-}$	-3,0	НММП; Эр; Пс			
			ПБС	5	-	-	-	$\frac{1,7}{-}$	-5,0	НММП; Эр; Пс; Рл			
				10	-	-	-	$\frac{1,7}{-}$	-6,0	НММП; Эр; Пс; Рл			
				20	-	-	-	$\frac{1,7}{-}$	-7,0	НММП; Эр; Пс; Рл			
			Группа районов со слабоустойчивыми геосистемами и неустойчивыми участками										
			Район № 145										
			Е	IV, III la	Суглинки, супеси (>0,4)	НН	0	$\frac{л, ел}{м, б, p-л, к}$	0,4	140	$\frac{0,4-1,0}{1,0-1,5}$	0...-2,0	Зб; Пм; НММП
ИМ	5	$\frac{-}{в, о}$				-	30	$\frac{1,7}{-}$	-3,0	Зб; Пм; НММП			
	10	$\frac{б}{о, в-п}$				-	60	$\frac{1,7}{-}$	-4,0	НММП; Пм; Зб; Тк; Эр			
	20	$\frac{б}{о, в, p-л, н}$				0,2	90	$\frac{1,2}{-}$	-4,0	НММП; Пм; Зб; Тк; Эр			
ПБ	5	-				-	-	$\frac{1,7}{-}$	-3,0	НММП; Пм; Тк; Эр; Пс; С			
	10	-				-	-	$\frac{1,7}{-}$	-4,0	НММП; Пм; Тк; Эр; Пс; С			
	20	-				-	-	$\frac{1,7}{-}$	-4,0	НММП; Пм; Тк; Эр; Пс; С			

Продолжение экспликации к рис. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Е	IV, III la	Суглинки, супеси (>0,4)	ПБС	5	–	–	–	$\frac{1,7}{-}$	–5,0	НММП; Пм; Тк; Эр, Пс; С; Р	
				10	–	–	–	$\frac{1,7}{-}$	–6,0	НММП; Пм; Тк; Эр, Пс; С; Р	
				20	–	–	–	$\frac{1,7}{-}$	–8,0	НММП; Пм; Тк; Эр, Пс; С; Р	
Район № 147											
Б–Г	IV, III la	Торф, пески, супеси (0,2–0,4), ПЖЛ	НН	0	$\frac{л}{м, о, б - н, с}$	0,1	130	$\frac{0,3-1,0}{1,5-2,0}$	0...–3,0	Зб; Пм; НММП	
				ИМ	1–20	–	–	85	$\frac{1,2}{-}$	–2,0	НММП; Пм; Зб; Тк; Эр
				ПБ	1–20	–	–	–	$\frac{1,2}{-}$	–3,0	НММП; Пм; Зб; Тк; Эр
				ПБС	1–20	–	–	–	$\frac{1,2}{-}$	–5,0	НММП; Пм; Зб; Тк; Эр; Р
Район № 158											
Б	I, IIa	Торф, супеси, пески (>0,4)	НН	0	$\frac{-}{м, б, о - с, к}$	–	130	$\frac{0,3-0,7}{0,6-0,8}$	0...–1,0	Зб; Пм; Тк	
				ИМ	1–20	–	–	100	1,0	–3,0	Тк; НММП; Пм; Эр
				ПБ	1–20	–	–	–	1,0	–3,0	Тк; НММП; Пм; Эр
				ПБС	1–20	–	–	–	1,0	–5,0	Тк; НММП; Пм; Эр; Р
Район № 161											
Е	Vм	Суглинки, супеси (>0,4)	НН	0	$\frac{л, ел}{б, р - л, к}$	0,4	130	$\frac{0,3-0,7}{0,5-1,5}$	+1,0...–0,5	Пм; НММП; Зб	
				ИМ	5	$\frac{-}{в, о}$	–	30	$\frac{1,7}{3,0}$	–2,0	НММП; Пм; Эр; Пс
					10	$\frac{б}{о, в - н}$	–	60	$\frac{1,5}{3,0}$	–3,0	НММП; Пм; Эр; Пс
					20	$\frac{б}{о, в, р - л, н}$	0,2	90	$\frac{1,2}{2,5}$	–3,5	НММП; Пм; Эр; Пс
				ПБ	5	–	–	–	$\frac{1,7}{3,0}$	–2,0	НММП; Пм; Эр (ув); Пс
					10	–	–	–	$\frac{1,7}{3,0}$	–3,0	НММП; Пм; Эр (ув); Пс
					20	–	–	–	$\frac{1,7}{3,0}$	–3,5	НММП; Пм; Эр (ув); Пс
				ПБС	5	–	–	–	$\frac{1,7}{3,0}$	–4,0	НММП; Пм (ув); Эр (ум); Пс; Рл
					10	–	–	–	$\frac{1,7}{3,0}$	–5,0	НММП; Пм (ув); Эр (ум); Пс; Рл
					20	–	–	–	$\frac{1,7}{3,0}$	–6,5	НММП; Пм (ув); Эр (ум); Пс; Рл

Окончание экспликации к рис. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Район № 165													
Б	Vм	Торф, суглинки, супеси, пески (>0,4), ПЖЛ	НН	0	$\frac{-}{м, б, о - с}$	-	140	$\frac{0,3-0,7}{-}$	-0,5...-3,0	Тк; Пм			
				ИМ	5	$\frac{-}{п, о}$	-	40	$\frac{0,7-1,8}{-}$	-1,0...-3,0	Тк (ув); Эр		
			10		$\frac{-}{п, о - с, п}$	-	70	$\frac{0,7-1,8}{-}$	-1,0...-3,0	Тк (ув); Эр			
			20		$\frac{-}{м, п, о - с, п}$	-	100	$\frac{0,5-1,2}{-}$	-1,0...-3,0	Тк (ув); Эр			
			ПБ		5	-	-	-	$\frac{0,7-1,8}{-}$	-1,0...-3,0	Тк (ув); Эр		
				10	-	-	-	-	-				
				20	-	-	-	-	-				
			ПБС	5	-	-	-	$\frac{0,7-1,8}{-}$	-2,0...-3,0	Тк (ум); Эр; Рл			
				10	-	-	-	$\frac{0,7-1,8}{-}$	-4,0...-5,0	Тк (ум); Эр; Рл			
				20	-	-	-	$\frac{0,7-1,8}{-}$	-4,5...-6,5	Тк (ум); Эр; Рл			
			Район № 168										
			В	III la	Торф, супеси, пески (0,2-0,4), линзы льда	НН	0	$\frac{-}{б, м - с, к}$	-	140	0,3-1,0	0...-2,0	НММП; Пм
ИМ	1-20	$\frac{-}{м, п, о - п, с}$					0,1	100	0,7-1,8	-1,0...-3,0	НММП; Пм; Тк; Эр		
	ПБ	1-20				-	-	-	0,7-1,8	-1,0...-3,0	НММП; Пм; Тк; Эр		
	ПБС	1-20				-	-	-	0,7-1,8	-4,0...-6,0	НММП; Пм; Тк; Эр; Рл		
Район № 169													
Б, В	III la	Торф, пески, супеси (>0,4), ПЖЛ	НН	0	$\frac{-}{б, м, о - к, с}$	-	140	0,3-1,0	0...-3,0	Тк; Зб; НММП; Пм			
				ИМ	1-20	$\frac{-}{п, о, м - с, л}$	-	100	0,7-1,8	-1,0...-3,0	Тк; НММП; Пм; Зб		
			ПБ		1-20	-	-	-	0,7-1,8	-1,0...-3,0	Тк; НММП; Пм; Зб		
			ПБС		1-20	-	-	-	0,7-1,8	-4,0...-6,0	Тк; НММП; Пм; Зб; Рл		

*1 – доминантный тип местности: Г – плосколожбинный; П-Г – пойменный–плосколожбинный; Г, Б – плосколожбинный, озерно-болотный; Е – среднемелюхолмистый; Б-Г – озерно-болотный–плосколожбинный; Б – озерно-болотный; В – хасырейный; Б, В – озерно-болотный, хасырейный. Типы местности, занимающие равные площади, указаны через черту. Преобладающие типы местности подчеркнуты.

*2 – см. [Ландшафты..., 1983].

*3 – Тип нарушения покрова: НН – ненарушенное естественное состояние; ИМ – импульсное уничтожение почвенно-растительного покрова; ПБ – постоянно уничтоженный почвенно-растительный покров; ПБС – постоянно уничтоженный почвенно-растительный покров и отсутствует снежный покров.

*4 – Растительный покров. В числителе: л – лиственница, б – береза, к – кедр, с – сосна, ел – ель. В знаменателе до тире: р – брусника, о – осока, м – морощка, п – пушица, в – вейник, б – багульник, я – овсяница. В знаменателе после тире: л – плевротрихум, п – политрихум, к – кладония, с – сфагнум, д – дикранум.

*5 – СТС – сезонноталый слой, СМС – сезонномерзлый слой.

*6 – Экзогенные геологические процессы: Зб – заболачивание, Тк – термокарст, Эр – эрозия, НММП – новообразование многолетней мерзлоты, ЭД – золовая дефляция, Р – растрескивание, Пм – пучение многолетнее, Пс – криогенное пучение сезонное, Рл – криогенное растрескивание с ростом повторно-жильных льдов (ПЖЛ), С – солифлюкция, (ув) – увеличение, (ум) – уменьшение.

4. Выявлены тенденции развития заболачивания в естественных и нарушенных техногенным вмешательством условиях в Надымском районе.

Работа выполнена при поддержке проекта CALM (Circumpolar Active Layer Monitoring, грант NSF OPP-9732051, OPP-0225603), при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-05-01068-а) и грантов Губернской академии и губернатора Тюменской области.

Литература

- Васильев С.В.** Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы [Среднего Приобья]. Новосибирск, Наука, 1998, 136 с.
- Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф., Филиппс Г.В.** Проблемы загрязнения высокоширотной окружающей среды. СПб., Изд-во СПбГУ, 2002, 280 с.
- Ландшафты** криолитозоны Западно-Сибирской газоносной провинции / Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Москаленко Н.Г. и др. Новосибирск, Наука, 1983, 166 с.
- Мельников Е.С., Москаленко Н.Г.** Карта природоохранного районирования геологической среды криолитозоны Западной Сибири масштаба 1:1 000 000. М., Фонды ВСЕГИНГЕО, 1988а.
- Мельников Е.С., Москаленко Н.Г.** Районирование геологической среды криолитозоны Западной Сибири для природоохранных целей // Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования техногенного воздействия на геологическую среду. М., ВСЕГИНГЕО, 1988б, с. 15–27.
- Мельников Е.С., Москаленко Н.Г.** Карта природных комплексов севера Западной Сибири для целей геоэкологического прогноза и планирования природоохранных мероприятий при массовом строительстве. М., ГУГК, 1991, 6 л.
- Методические рекомендации** по прогнозу развития криогенных физико-геологических процессов в осваиваемых районах Крайнего Севера. М., ВСЕГИНГЕО, 1981, 78 с.
- Микроочаговые процессы** как индикаторы экологически дестабилизированной среды / Отв. ред. Н.М. Новикова. М., РАСХН, 2000, 193 с.
- Москаленко Н.Г.** Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск, Наука, 1999, 280 с.
- Мяло Е.Г.** Экологический анализ растительного покрова как основа фитоиндикации и прогноза состояния экосистем: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2000, 57 с.
- Новиков С.М.** Изменение условий обитания растений на болотах северных районов Западной Сибири при хозяйственном освоении территории // Устойчивость растительности к антропогенным факторам и биорекультивация в условиях Севера. Сыктывкар, 1984, Коми кн. изд-во, с. 23–27.
- Полкошников О.В., Сушеня В.А.** Изменение растительности болот Саяно-Алтайского плато под влиянием инженерных сооружений // Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1981, № 4, с. 47–56.
- Ponomareva O., Shur Y.** Long-term monitoring of Frost Heave and Thaw Settlement in the Northern Taiga of West Siberia // Ninth Intern. Conf. on permafrost. Fairbanks, USA, Inst. of North. eng. Univ. of Alaska, 2008, vol. 2, p. 1439–1444.
- Rickard W.E., Brown J.** Effects of vehicles on Arctic tundra // Environ. Conserv., 1974, vol. 1, No. 1, p. 55–62.

Поступила в редакцию
5 ноября 2009 г.