

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НЕКОТОРЫХ ГЕОСИСТЕМ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. Г. Москаленко

*Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия*

Картографический мониторинг западносибирских геосистем проводился по трассам магистральных газопроводов и на постоянных площадках геокриологических стационаров.

Этот мониторинг включал крупномасштабное повторное картографирование изменений геосистем по аэрофотоснимкам разных лет, материалам наземных маршрутных работ и детальным описаниям и выполнялся на двух уровнях.

Анализ составленных карт трасс газопроводов, стационаров и постоянных площадок позволил проследить динамику геосистем низшего и среднего рангов в естественных условиях и под влиянием антропогенного воздействия, показанную на картах разных временных срезов и масштабов. Выявлены тенденции дальнейшего развития исследованных геосистем. Зафиксированы изменения структуры геосистем. Произведена оценка степени антропогенных нарушений и характера их изменений во времени.

Проведенный картографический мониторинг дал возможность выявить локальное понижение среднегодовой температуры пород, наблюдаемое в условиях общей тенденции их небольшого (0,2—0,5°) повышения.

*Мониторинг, криолитозона, геосистемы, картографирование, динамика, многолетнемерзлые породы*

### MAP MONITORING OF SOME GEOSYSTEMS OF WEST-SIBERIAN CRYOLITHOZONE

N. G. Moskalenko

*Earth Cryosphere Institute, SB RAS, 625000, Tyumen, 1230, Russia*

A map monitoring of West-Siberian geosystems was carried out on roads of highway gas pipelines and on permanent plots of geocryological stations.

This monitoring included large-scale repeated mapping of geosystem changes by aerial photographs of different years, data of land route investigations and detail descriptions and was performed on two levels. Analysis of compiled maps for gas pipelines, stations and permanent plots allowed us to study the dynamics of geosystems of low and middle rank under natural conditions and anthropogenic effect, shown on maps of different-time cuts and scales. The tendencies to further development of studied geosystem were found out. The changes in geosystem structure were established. The degree of anthropogenic destructions and the character of their changes in time were estimated.

The map monitoring provided a possibility for revealing a local decrease in mean annual ground temperatures observed under the conditions of global tendency of their minor (0,2—0,5°C.) increase.

*Monitoring, cryolithozone, geosystems, mapping, dynamics, permafrost*

## ВВЕДЕНИЕ

Геокриологический мониторинг должен сопровождаться изучением и картографированием криогенных геосистем, важным компонентом которых являются многолетнемерзлые породы. Проведение повторного картографирования (картографического мониторинга по К. А. Салищеву [1980]) позволяет исследовать криогенные процессы, следить за антропогенными влияниями на природную среду.

Необходимость проведения картографического мониторинга природной среды неоднократно отмечалась в литературе [Берлянт, 1982; Козин, 1985; Востокова, Гунин, 1997 и др.]. В работах, посвященных этому вопросу для районов

криолитозоны, или отмечается актуальность картографирования и оценки геозекологического состояния осваиваемых территорий [Гречищев и др., 1991] или рассматривается методика проведения картографического мониторинга [Некрасов и др., 1983; Методические рекомендации..., 1988; Филиппов и др., 1988]. Однако работ, освещающих результаты проведения картографического мониторинга криогенных геосистем, мало [Москаленко, Тагунова, 1983; Москаленко, 1995; Макаров, Шац, 1998] и они являются тезисными. Статья автора немного восполняет этот пробел.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Картографический мониторинг западносибирских геосистем проводился по трассам магистральных газопроводов (Надым—Пунга, Медвежье—Надым) и на постоянных площадках геоэкологических стационаров (Надым, Марре-Сале, Парисенто).

Этот мониторинг включал крупномасштабное повторное картографирование изменений геосистем по аэрофотоснимкам разных лет, материалам наземных маршрутных работ, детальным описаний и наблюдений и выполнялся на двух уровнях.

На первом уровне проводилось картографирование геосистем ранга урочищ и фаций в масштабе 1 : 1000—1 : 5000 с временным интервалом 3—5 лет на трассах газопроводов и в окрестностях стационаров. В течение наиболее длительного время такое картографирование удалось провести на участке трассы первой нитки газопровода Надым—Пунга и на прилегающей к нему ненарушенной территории, природные условия которой освещены в [Москаленко, 1973].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение повторного картографирования дало возможность проследить естественную динамику геосистем и их изменения под влиянием прокладки и эксплуатации газопровода. Использование материалов повторной аэрофотосъемки, выполненной до нарушения и через определенные интервалы времени после него, а также проведение в те же сроки наземных исследований, позволило составить серию карт геосистем изученного участка.

Эта серия включала исходную карту ненарушенных геосистем, составленную в 1970 г. до прокладки газопровода, фрагмент которой представлен на рис. 1. На этой карте выделены лесные геосистемы, развитые на талых участках, болотные геосистемы, в которых отмечается новообразование многолетнемерзлых пород, геосистемы, переходные от лесных к болотным, в которых встречаются линзы и перелетки мерзлых пород, и, наконец, геосистемы многолетних бугров пучения, содержащие сильнольдистые многолетнемерзлые породы.

На остальных (оперативных) картах показаны как ненарушенные геосистемы, так и геосистемы, подвергшиеся нарушениям в результате прокладки газопровода. В качестве примера на рис. 2, А дан фрагмент карты геосистем того же участка через 10 лет после сооружения газопровода. Нарушенные геосистемы на этой карте имеют те же индексы, что и исходные, но несколько видоизмененные: цифрой сверху справа

указана степень покрытия поверхности вновь появившейся растительностью, а цифрой внизу справа дан вид техногенного нарушения, переданный на карте разными видами штриховки.

Внемасштабными знаками на карте отмечены места проявления экзогенных геологических процессов, возникших в результате строительных работ, таких как эрозия, подтопление, заболачивание, термокарст и другие. Подтопление, возникшее вследствие нарушения условий стока поверхностных вод в результате прокладки трубы газопровода в насыпи, привело к образованию небольшого озера в болотной геосистеме.

Далее представлена карта того же участка трассы спустя 20 лет после его нарушения (см. рис. 2, Б). Сравнение этой карты с предыдущей показывает увеличение площадей болотных геосистем за счет лесных в результате прогрессирующего заболачивания. Отсыпка насыпной грунтовой дороги на месте зимника привела к увеличению нарушенных площадей за счет появления новых карьеров, часть из которых заполнилась водой, а также к возникновению подтопления в болотных геосистемах, пересекаемых дорогой, в результате нарушения стока насыпью

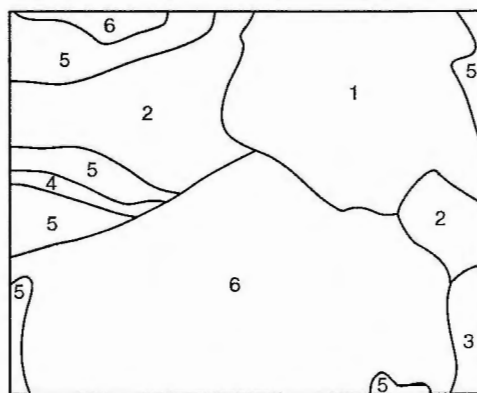


Рис. 1. Карта природных геосистем (8 км трассы проектируемого газопровода Надым—Пунга).

Геосистемы: 1 — пологоволнистые участки, сложенные тальными песчаными отложениями, с березово-сосновыми кустарничково-лишайниковыми редколесьями; 2 — плоские заболоченные участки, сложенные оторфованными песками с перелетками мерзлых пород и сосново-лиственничными кустарничково-сфагновыми рединами; 3 — плоские слабодренированные участки, сложенные оторфованными песками, с перелетками и линзами мерзлых пород и сосново-лиственничными кустарничково-мохово-лишайниковыми рединами; 4 — понижения, сложенные песками, перекрытыми торфом, с кустарничково-травяно-моховыми болотами и новообразованием мерзлых пород; 5 — ложбины стока, сложенные тальными песками, перекрытыми торфом, с травяно-моховыми болотами; 6 — бугры пучения, сложенные песками, подстилаемыми сильнольдистыми суглинками с кедровыми кустарничково-лишайниковыми рединами.

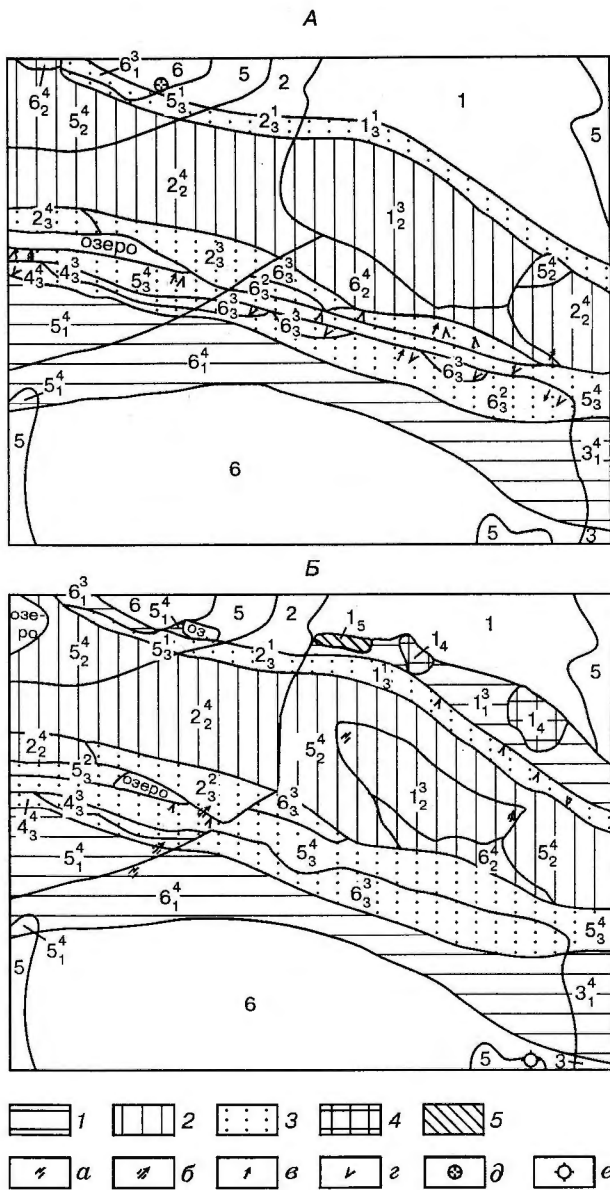


Рис. 2. Карты геосистем, нарушенных в результате строительства газопровода Надым—Пунга.

А — карта геосистем через 10 лет после нарушения, Б — карта геосистем через 20 лет после нарушения. Градации нарушений даны в нижнем индексе геосистем: 1 — нарушение растительности и микрорельефа на меньшей части площади; 2 — нарушение растительности и микрорельефа на большей части площади; 3 — снятие растительного покрова и торфянистого горизонта мощностью до 0,2 м, нарушение микрорельефа, нарушение поверхностного стока в результате отсыпки насыпи; 4 — уничтожение почвенно-растительного покрова, нарушение рельефа в результате сооружения карьеров; 5 — уничтожение почвенно-растительного покрова, нарушение рельефа в результате сооружения карьеров, превратившихся в водоемы. Градации покрытия поверхности производной растительностью, в % (даны цифрой в верхнем индексе геосистем): 1 — менее 25, 2 — 25—50, 3 — 50—75, 4 — более 75. Экзогенные геологические процессы: а — заболачивание, б — плоскостной смыв, в — растрескивание, г — эрозия, д — термокарст, е — многолетнее пучение.

воздействий (таких как изменение трассы зимника, прокладка насыпной грунтовой дороги, появление новых карьеров и водоотводных канав, эпизодический проезд гусеничного транспорта в теплый период, вторичная отсыпка насыпи газопровода), а также возникновения или активизации экзогенных геологических процессов.

Подсчет нарушенных площадей показал, что первоначально нарушенные площади природных геосистем в результате развития заболачивания, термокарста, эолового переноса, овражной эрозии могут увеличиться до 30 %.

На втором уровне мониторинга ежегодно картографировались геосистемы ранга фаций и микрофаций в масштабе 1 : 10—1 : 100 на постоянных площадках стационаров, закрепленных на местности. Картографирование постоянных площадок сопровождалось детальным покомпонентным изучением геосистем, слагающихся из исследований микрорельефа, растительности, почв, криогенных процессов, мощности сезонного талого слоя и гидротермического режима почв и многолетнемерзлых пород.

В качестве примера на рис. 3 приведены фрагменты картосхем микрофаций плоского торфяника Надымского стационара до нарушения и через 10 лет после него. На картосхеме ненарушенной площадки выделено небольшое число микрофаций: это межкочья с морошково-лишайниковым покровом и минимальными глубинами сезонного протаивания, далее кочки с морошково-сфагновым покровом, имеющие несколько большие глубины сезонного протаивания, и, наконец, кочки с багульником, для которых характерны максимальные глубины сезонного протаивания.

Через 10 лет после нарушения, как это можно видеть на картосхеме нарушенной пло-

дороги и, как следствие, к появлению новых озерков. Озеро у газопровода подверглось заболачиванию и площадь его сократилась. В ненарушенных болотных геосистемах местами появились небольшие, высотой до 1 м, бугры и площади пучения.

Таким образом, составление разновременных карт позволило изучить естественную динамику геосистем (например зафиксировать появление бугров пучения на месте болот), а также выделить зону нарушения природных геосистем и проследить ее изменения за период наблюдений. Так, на отдельных участках трассы зона нарушений за исследованный период увеличилась с 50 до 400 м. Расширение зоны нарушения произошло за счет периодических новых



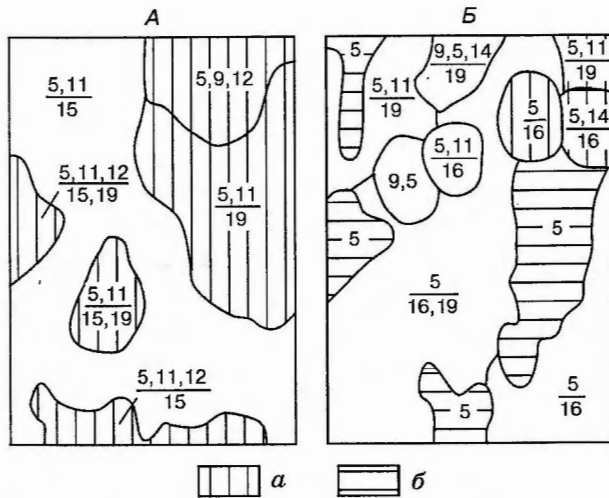


Рис. 3. Картограммы микрофаций торфяника (9 км трассы газопровода Надым—Пунга).

А — до нарушения, Б — через 10 лет после нарушения;  $\frac{5}{16}$ , 5 и др. — индексы микрофаций (в числителе — доминанты травяно-кустарничкового яруса; в знаменателе — мохово-лишайникового яруса, если он имеется); травы и кустарнички: 5 — осока, 9 — ерник, 11 — морощка, 12 — багульник, 14 — андромеда; мхи и лишайники: 15 — кладония, 16 — политрихум, 19 — сфагнум. Микрорельеф: а — кочки, б — мочажины (ровные межкочечные участки не имеют штриховки).

щадки, сократились площади, занятые кочками, и возникли техногенные просадки, заросшие осоками, с пониженной кровлей многолетнемерзлых пород. Горизонтальная структура нарушенного торфяника стала более пестрой, число контуров микрофаций увеличилось в 2 раза. Большая пестрота и мелкоконтурность нарушенных площадок, по-видимому, обусловлена появлением техногенных микроформ и неравномерным распределением зачатков растений.

Проведенный картографический мониторинг дал возможность выявить локальное понижение среднегодовой температуры пород, наблюдаемое в условиях общей тенденции небольшого ( $0,2-0,5^\circ$ ) их повышения. Это понижение приурочено к фрагментам торфяника, образовавшимся за 25 лет на месте болот, что было зафиксировано в результате повторного картографирования стационара Надым. Здесь на некоторых участках болот, подвергшихся осушению, наблюдалась смена кустарничково-травяно-сфагновых сообществ травяно-кустарничково-лишайниково-сфагновыми. Для последних сообществ, развитых на более дренированных и повышенных участках, характерны более низкие величины теплопроводности напочвенного покрова в

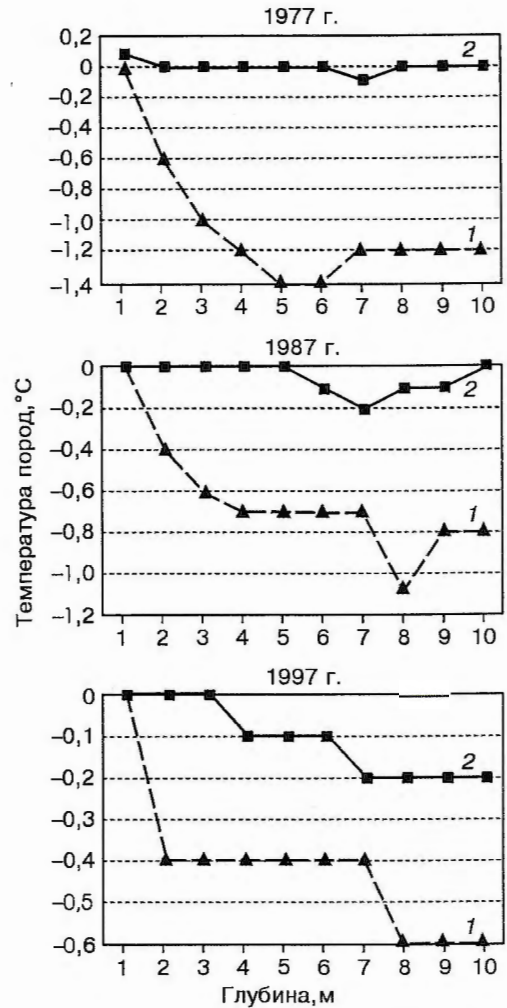


Рис. 4. Распределение температур пород по глубине на торфянике (1) и болоте (2), переходящем в торфяник за 1977, 1987 и 1997 гг. (9,5 км трассы газопровода).

Измерения температуры пород выполнены в сентябре.

летний период и меньшие мощности снежного покрова зимой.

На рис. 4 в качестве примера приведены температурные кривые пород за 1977, 1987 и 1997 гг. на кустарничково-сфагново-лишайниковом торфянике и кустарничково-пушицево-сфагновом болоте, сменившимися за изученный период пушицево-кустарничково-лишайниково-сфагновым торфяником. Как можно видеть на приведенных графиках, температура многолетнемерзлых пород на торфянике с 1977 по 1997 гг. на подошве слоя с годовыми колебаниями повысилась с  $-1,2$  до  $-0,6^\circ$ . На болоте же, которое превратилось в торфяник, за этот же период

отмечено понижение температуры с 0 до  $-0,2^{\circ}$ , по-видимому, в связи с осушением и уменьшением мощности снежного покрова. Возможность таких разных тенденций изменений температур в разных геосистемах при одних и тех же колебаниях климата необходимо учитывать при геокриологическом мониторинге.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ составленных карт трасс газопроводов, стационаров и постоянных площадок позволил проследить динамику геосистем разных рангов в естественных условиях и под влиянием антропогенного воздействия, выявить тенденции их дальнейшего развития, зафиксировать изменения структуры геосистем и оценить степень антропогенных нарушений.

Проведенный мониторинг выявил геосистемы, в которых отмечено локальное понижение среднегодовой температуры пород, наблюдаемое на фоне общей тенденции небольшого повышения этой температуры.

### Литература

- Берлянт А. М. Картографический мониторинг экосистем // Вестн. МГУ, сер. 5, геогр., 1982, № 6, с. 79—84.
- Востокова Е. А., Гунин П. Д. Карта экосистем Монголии как основа для ландшафтно-экологического мониторинга // Биогеография, вып. 6. М., 1997, с. 38—45.
- Гречищев С. Е., Мельников Е. С., Павлов А. В., Шур Ю. Л. Теоретические и методологические основы геоэкологии криолитозоны // Инженерно-геологические и геокриологические исследования в геоэкологии. Сб. науч. докл. ВСЕГИНГЕО. М., 1991, с. 64—74.
- Козин В. В. Комплексное тематическое картографирование регионов Западной Сибири на основе космической информации // Тематическое картографирование (теория, методы, практика). Новосибирск, Наука, 1985, с. 120—150.
- Макаров В. Н., Шац М. М. Комплексный мониторинг эколого-геокриологической обстановки // Проблемы криологии земли. Пушино, 1998, с. 146—147.
- Методические рекомендации по картографированию динамики природных объектов на основе космической информации. М., ЦНИИГАиК, 1988, 160 с.
- Москаленко Н. Г. О применении ландшафтно-индикационного метода при исследовании озерно-аллювиальных равнин северной тайги Западной Сибири // Тр. ВСЕГИНГЕО, вып. 62, 1973, с. 97—107.
- Москаленко Н. Г. Изучение западносибирских экосистем для целей геокриологического мониторинга // Эволюционные геокриологические процессы в Арктических регионах и проблемы глобальных изменений природной среды и климата на территории криолитозоны. Пушино, 1995, с. 44—45.
- Москаленко Н. Г., Тагунова Л. Н. Применение аэрокосмических методов для контроля изменения инженерно-геологических условий Западно-Сибирской газоносной провинции // Дистанционные фотограф. и сканерные методы при гидрогеол. и инженерно-геологическом картировании. М., ВСЕГИНГЕО, 1983, с. 82—83.
- Некрасов И. А., Шац М. М., Дорофеев И. В. Аэрокосмическая информация при изучении распространения и динамики многолетнемерзлых пород // Дистанционные фотограф. и сканерные методы при гидрогеол. и инженерно-геологическом картировании. М., ВСЕГИНГЕО, 1983, с. 90.
- Салищев К. А. Картограф 2000-го года и его формирование в высшей школе // Вестн. МГУ, сер. 5, геогр., 1980, № 5, с. 54—60.
- Филиппов В. П., Чесноков А. С., Маслов А. Д., Попков О. Н. Криомониторинг при освоении месторождений Тимано-Печорской нефтегазональной провинции // Экология нефтегазового комплекса. М., 1988, с. 172—174.

Поступила в редакцию  
15 июня 1998 г.