

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ
ИНСТИТУТ ГЕОЭКОЛОГИИ ИМ. Е.М. СЕРГЕЕВА РАН

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО
ПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ».
ДИАЛОГ ПОКОЛЕНИЙ

Выпуск 22

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(24 марта 2020 г.)

Москва
Российский университет дружбы народов
2020

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ, ПЕРЕСЕКАЕМЫХ МАГИСТРАЛЬНЫМИ И ПРОМЫСЛОВЫМИ ГАЗОПРОВОДАМИ

В.П. Марахтанов

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, ГСП-1,
Ленинские горы, д. 1. E-mail: ecolog_n@mail.ru

Научно-теоретический и прикладной аспекты инженерно-экологических исследований наиболее полное отражение находят в инженерно-экологической оценке территории, являющейся их закономерным итогом. Разнородный характер составляющих природно-технической системы «инженерное сооружение – окружающая природная среда», их взаимовлияние предполагают двусторонность инженерно-экологической оценки территории расположения инженерного объекта. С одной стороны, необходимо учитывать негативные экологические последствия строительства и эксплуатации сооружения, а с другой – «деформирующее» воздействие на сооружение окружающей природной среды. Только в этом случае возможна полноценная инженерно-экологическая оценка.

Степень как научной, так и практической значимости результатов инженерно-экологической оценки во многом предопределяется типом сооружения. В этом отношении особый интерес представляют линейные инженерные системы большой протяженности – трассы ЛЭП, железные и автомобильные дороги, нефтепроводы и газотранспортные системы. Они являются своего рода трансектами, пересекающими самые разнообразные в ландшафтном отношении участки, что позволяет выполнять на основе обобщения результатов исследований на их трассах различные классификации ландшафтных природных комплексов (в криолитозоне – криогеосистем) больших территорий. Среди отмеченных объектов наиболее значимыми являются магистральные газопроводы большого (1000 мм и более) диаметра – вследствие того, что их техническое состояние наиболее чутко и разнообразно реагирует на техногенные изменения в верхнем, наиболее уязвимым ярусе ландшафта, в пределах которого они прокладываются. Кроме того, газопроводы относятся к классу особо опасных объектов, требующих приложения максимальных усилий для обеспечения их безаварийного функционирования и потому заслуживающих особого внимания инженеров-экологов также и в этом плане.

Представление о характере сочетания природных и техногенных факторов на трассах газопроводов большого диаметра, пересекающих территории криолитозоны Западной Сибири можно получить, взглянув на рис. 1. На рисунке представлены 3 объекта: природный комплекс (в криолитозоне –

криогеосистема или КГС); газопровод – техническая система (ТС); природно-техногенные процессы (ПТП), развивающиеся как в естественных условиях, так и в процессе эксплуатации газопроводов. КГС и ТС совместно образуют природно-техническую систему (ПТС). Стрелками отображены связи между объектами. Связи эти имеют двустороннюю направленность, что отражает взаимовлияние объектов. Связи, направленные справа налево, характеризуют воздействие строительства и эксплуатации газопровода на окружающие КГС. Связи, направленные слева направо, отображают «деформирующее» воздействие КГС и ПТП на газопровод.



Рис. 1. Природные и техногенные объекты исследования на трассах газопроводов большого диаметра на севере Западной Сибири

Двусторонняя направленность связей на рис. 1 отображает возможность создания классификаций природных комплексов (в том числе КГС) по двум признакам: по **устойчивости** к техногенным воздействиям и по **агрессивности** по отношению к инженерным сооружениям [1,2]. При этом в основание классификаций должны быть положены какие-либо количественные

показатели, отражающие соответствующие свойства КГС. Другими словами, речь идет о **количественной** оценке устойчивости и «агрессивности» криогеосистем. В основание классификаций КГС по устойчивости и агрессивности должны быть положены значения показателей, тесным образом связанных с характером исследуемого инженерного объекта. Устойчивость оценивается на основе определения величины показателя, отражающего развитие в результате строительства и эксплуатации этого сооружения какого-либо **ведущего** (свойственного всем или, по крайней мере, большинству КГС исследуемой территории) процесса.

Для оценки «агрессивности» КГС в первую очередь необходимо учитывать техническое состояние наиболее **«ландшафтно неустойчивого»** элемента конструкции данного сооружения, который может «деформироваться» во всех (или, хотя бы в большинстве типов КГС).

Только при соблюдении указанных условий возможно создание полноценных классификаций по устойчивости и агрессивности. При инженерно-экологической оценке территорий, пересекаемых газотранспортными системами, для оценки устойчивости и агрессивности целесообразно использовать, соответственно, показатели, отражающие развитие **заболоченности** (ведущий процесс на севере Западной Сибири) вдоль трассы газопровода и разрушение его грунтового **обвалования** (самый неустойчивый при внешнем воздействии элемент конструкции сооружения).

Показатель устойчивости (K_6), равен изменению, по сравнению с естественными условиями, доли заболоченных участков в полосе трассы газопровода:

$$K_6 = \frac{(S' - S)}{S_0} 100\%, \quad (1)$$

где S и S' – площадь болот в полосе трассы соответственно в естественных и нарушенных условиях в данном типе КГС, S_0 – площадь полосы трассы в данном типе КГС, равная произведению длины оцениваемого участка трассы на ширину технического коридора газопровода.

Показатель «агрессивности» (K_T) численно равен доли участков трассы газотранспортной системы с разрушенным обвалованием:

$$K_T = \frac{L'}{L} 100\%, \quad (2)$$

где L' – протяженность вдоль трассы участков с разрушенным обвалованием (оголенной трубой) в данном типе КГС, L – протяженность трассы в данном типе КГС.

Аналогично обвалованию трубопровода, степень дефектности **остальных** его элементов (рис. 1) в том или ином природном комплексе можно оценить через доли протяженности участков с какой-либо комбинацией дефек-

тов от протяженности всей трассы в пределах данного природного комплекса или же от протяженности участков с разрушенным обвалованием. Степень развития отмеченных дефектов технического состояния газопровода в том или ином природном комплексе позволяет оценить степень «агрессивности» данного комплекса для газотранспортных систем.

Для инженерно-экологических исследований важное значение имеют природные особенности исследуемой территории (разнообразие ее ландшафтной структуры и сложность строения слагающих ее природных комплексов – КГС). В этом плане значительный интерес представляет Надым – Пур – Тазовский регион с чрезвычайно широким спектром ландшафтно-геокриологических условий, типичных для большей части территорий криолитозоны Западной Сибири (рис. 2). Здесь расположена подавляющая часть инфраструктуры нефтегазодобывающих месторождений российского Севера, что предопределяет практическую значимость инженерно-экологической оценки этих территорий, результаты которой могут непосредственно использоваться проектными и эксплуатирующими организациями ОАО «Газпром».

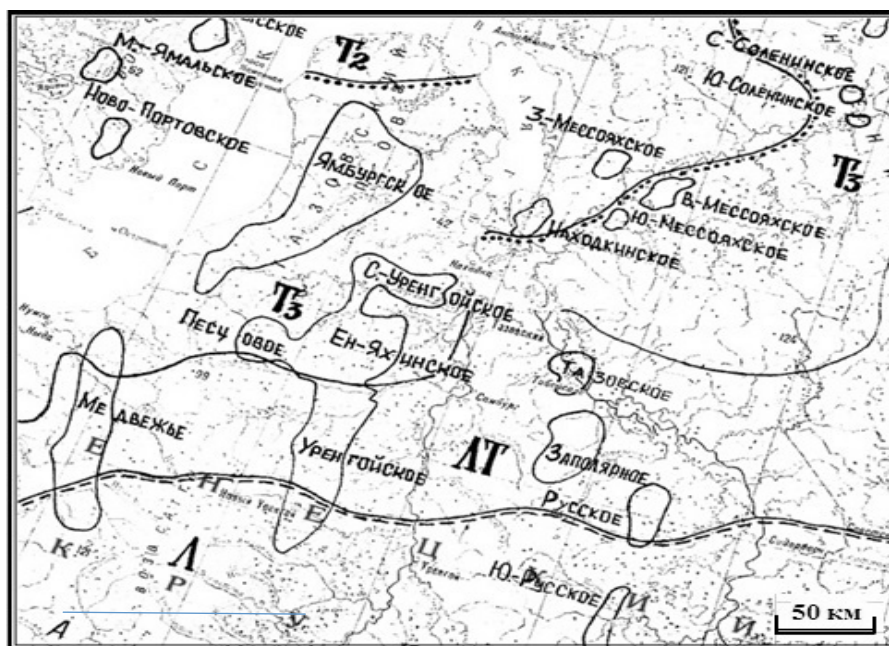


Рис. 2. Территория Надым–Пур–Тазовского региона с газовыми месторождениями. Природные зоны и подзоны:
 Т₂ – типичная тундра, Т₃ – южная тундра, ЛТ – лесотундра,
 Л – лесная зона (северо-таежная подзона)

Неотъемлемой частью инженерно-экологической оценки исследуемой территории является ее **ландшафтная характеристика**, выполняемая на зональном, зонально-региональном и локальном уровнях. Разнообразие ландшафтных условий Надым-Пур-Тазовского региона связано с выделением трех природных зон и подзон, 23 типов зонально-региональных КГС и 24 типов урочищ [4]. Каждый ландшафтный тип характеризуется индивидуальной мерзлотно-экологической обстановкой, определяющей условия функционирования газотранспортных систем и их взаимодействие с окружающей природной средой.

Результатом этого взаимодействия является, в первую очередь, развитие различных ландшафтно-обусловленных инженерно-геологических **процессов**, которые могут представлять опасность для газопроводов (рис. 1). При этом воздействие разных процессов неодинаково на различные элементы конструкции сооружения (рис. 1). Грунтовому обвалованию, изоляционному покрытию и металлу трубопровода наибольший вред наносят заболачивание, обводнение и термокарст. Отклонение пространственного положения трубопровода от проектного вызывается эрозионным размывом, термокарстом, сезонным и многолетним пучением, а также криогенным сплывом грунта. Последние два процесса наиболее опасны.

При выполнении инженерно-экологической оценки территорий расположения газотранспортных систем ключевое значение имеет способ организации данных, допускающий возможность конструктивного анализа сколь угодно большого их объема на всех стадиях исследований – от начальной до заключительной. Поскольку все эти данные так или иначе связаны с особенностями географической оболочки Земли, то речь идет о создании **геоинформационной базы данных (ГБД)**.

ГБД создается на основе анализа и синтеза информации, содержащейся в материалах изысканий под строительство данного газопровода (коридора), а также результатов наблюдений за состоянием эксплуатируемых линейных инженерных систем – наземного и дистанционного (аэровизуального и по материалам аэрофотосъемок) обследования трасс газопроводов [4,5]. Таким образом, ГБД постоянно пополняется за счет информации, получаемой в ходе мониторинга функционирующих газотранспортных систем.

Информация в ГБД организована таким образом, чтобы можно было оперативно получать данные на любой участок трассы газопровода и обрабатывать сколь угодно большие их объемы. Основным видом информации в ГБД является **таблица природно-технических условий эксплуатации газопровода (ТПТУ)**, составляемая в операционной системе Excel. ТПТУ содержит формализованное описание технического состояния газопровода и прилегающей к нему полосы строительства, которое приурочивается к отрезкам трассы с однородными сочетаниями природных и технических факторов – природно-техногенных ячеек (ПТЯ) [6].



Рис. 3. Структура техногеоэкологического анализа газотранспортных систем

В области обеспечения эксплуатационной надежности газопроводов на территории криолитозоны усматриваются два круга задач, успешному решению которых могло бы способствовать привлечение инженерно-экологического подхода с составлением специальных **карт районирования территории по степени опасности для газотранспортных систем** [4]. Во-первых, это поиск оптимального положения трассы будущего сооружения на предпроектной стадии и, во-вторых, создание системы **геотехнического мониторинга** вдоль трассы эксплуатируемого сооружения [3,4].

Изложенная выше методология инженерно-экологической оценки территорий укладывается в рамки разрабатываемой автором концепции **техно-геоэкологического анализа**, под которым понимается «комплекс инженерно-экологических исследований, направленных на обеспечение устойчивости инженерных объектов и снижение экологического ущерба от их строительства и эксплуатации на основе разработки классификаций природных комплексов по устойчивости и «агрессивности» с использованием количественных характеристик, учитывающих конструктивные особенности сооружений». Структура техногеоэкологического анализа газотранспортных систем представлена на рис. 3.

Полный комплекс инженерно-экологических исследований в рамках техногеоэкологического анализа был выполнен под руководством и при участии автора на газопроводах межпромыслового коллектора газового месторождения Медвежье [4].

Литература

1. *Марахтанов В.П.* Количественная оценка устойчивости территорий области вечной мерзлоты к техногенным воздействиям при линейном строительстве: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ. 1984. 25 с.
2. *Марахтанов В.П.* Инженерно-географические исследования на трассах магистральных газопроводов в криолитозоне // Вестник Московского университета. Сер. 5 География. 2011. № 4. С. 42-47.
3. *Марахтанов В.П.* Геотехнический мониторинг магистральных газопроводов на севере Западной Сибири // Трубопроводный транспорт: теория и практика». 2014. № 1. С. 54-60.
4. *Марахтанов В.П.* Исследование взаимодействия магистральных газопроводов с ландшафтами на севере Западной Сибири на основе техногеоэкологического анализа // Трубопроводный транспорт: теория и практика». 2017. № 2. С. 24-32.
5. *Марахтанов В.П., Великоцкий М.А.* Информационное обеспечение мониторинга газотранспортных систем в криолитозоне // Материалы Международной конференции «Криогенные ресурсы полярных регионов», г. Салехард, июнь, 2007». ОНТИ ПНЦ РАН, Пушкино. 2007. С. 276- 278.
6. *Марахтанов В.П., Хренов Н.Н.* Оценка технического состояния трасс северных газопроводов по материалам аэрофотосъемок // Транспортное строительство. 1984. № 8. С. 35-37.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криоли