

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ АГРЕССИВНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОЦЕНКИ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

А.В. Ермолаева

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: alyona7@inbox.ru*

Аннотация. Эксплуатация магистральных трубопроводов сопряжена с работой в сложных инженерно-геологических условиях. В статье рассмотрено применение оценки агрессивности подземных вод в развитии карстового процесса при строительстве магистральных газопроводов. На примере начального участка проектируемого магистрального газопровода «Сила Сибири» (участок «Чаянда-Ленск») проанализированы возможности использования данной методики. Произведен расчет индекса неравновесности S_a по имеющимся данным инженерно-геологических изысканий. Установлены зависимости между геоморфологическими особенностями рельефа и агрессивностью природных вод.

Abstract. Operation of the main pipelines is interfaced to work in difficult engineering-geological conditions. In article possibility of application of a technique of an assessment of aggression of underground waters into development of karst process at construction of the main gas pipelines is considered. On the example of an initial site of the designed Power of Siberia main gas pipeline (a site "Chayanda-Lensk") it is analysed possibilities of use of this technique. Calculation of an index of S_a for the available data of engineering-geological researches is made. Dependences between geomorphological features of a relief and aggression of natural waters are established.

На сегодняшний день ключевыми критериями, предъявляемыми к газотранспортным системам являются промышленная и экологическая безопасность. На текущий момент, российская газопроводная система – является одной из крупнейших транспортных систем в мире. Как правило, эксплуатация магистральных газопроводов протекает в сложных динамических, инженерно-геологических, природно-климатических условиях. В последнее время, наблюдается рост аварийности на магистральных газопроводах, причинами которых являются опасные геологические процессы. Особые трудности возникают при строительстве объектов трубопроводного транспорта на закарстованных территориях ввиду сложности идентификации и прогнозирования развития процесса.

Одной из ключевых проблем в методике изучения и оценки закарстованных территорий считается их районирование по степени опасности карстового процесса. В ТСН 22-304-06 дается следующее определение оценки карстовой опасности – выражение опасности воздействия карста через вероятность образования карстовых деформаций за заданный срок (например, за срок службы сооружений) на данной территории (участке расположения сооружения), которые могут вызвать недопустимые деформации сооружений. Общепринятой интегральной мерой карстовой опасности долгое время являлась среднесуточная интенсивность провалообразования (случаев провалов /км²год), предложенная З.А. Макеевым (1948), также используемая в ТСН 22-204-06. В результате анализа исследований, проводимых как в России, так и за рубежом, можно выделить ряд признаков, характеризующих карстовую опасность:

- Наличие поверхностных форм карста;
- Растворяющая способность природных вод;

- Наличие зоны разуплотненных грунтов, фиксируемые по геоэлектрическим и скоростным аномалиям;
- Интенсивная вертикальная фильтрация;
- Наличие (отсутствие) водоупора, перекрывающего растворимые породы.

Среди данных признаков, можно отметить признак, характеризующий прогноз развития карстового процесса во времени-пространстве: агрессивность природных вод. Так как данный признак описывает «поведение» и интенсивность процесса в целом, то оценка на его основе, перспективна не только на этапе проектирования, но и на этапе эксплуатации магистрального газопровода. В естественных условиях система «вода - горная порода» носит равновесно-неравновесный характер. Согласно данному положению, вода, независимо от глубины залегания и скорости движения, всегда не равновесна с одними минералами, растворяя их, но равновесна с другими, которые формирует. Большой вклад в изучение данного процесса внесли американские исследователи Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст.

В общем виде любая реакция взаимодействия может быть выражена следующим схематическим уравнением: $aA + bB \leftrightarrow cC + dD$, где А, В, С, D – стехиометрические коэффициенты исходных веществ и продуктов реакции. Термодинамическая константа равновесия данного процесса определяется выражением: $K_a = \frac{a^*(C)^c \cdot a^*(D)^d}{a^*(A)^a \cdot a^*(B)^b}$.

Константа равновесия характеризует соотношение между термодинамическими активностями исходных веществ и продуктов в состоянии омического равновесия, в соответствии с законом действующих масс. Для оценки агрессивности природных вод используется показатель агрессивности природных вод, характеризующий способность данной воды перевести твердое вещество в раствор: $A = \lg \frac{K_a}{\Pi_i \cdot a_i^{v_i}}$, где

$\Pi_i \cdot a_i^{v_i} = \frac{aC^c \cdot aD^d}{aB^b \cdot aA^a}$. Показатель агрессивности часто используют для сравнения растворяющей способности подземных вод. Чем выше показатель А, тем интенсивнее протекает процесс растворения данного вещества. Для определения характера процесса (растворения/осаждения) используется показатель степени неравновесности: $\theta = \frac{\Pi_i \cdot a_i^{v_i}}{K_a}$. Степень неравновесности характеризует ненасыщенность ($\theta < 0$ – идет

процесс растворения) или пересыщенность ($\theta > 0$ – идет процесс минералообразования). Таким образом, используя вышеописанную методику можно оценить вероятность развития процесса на участках магистральных газопроводов с предрасположенностью к развитию карста.

Используем вышеописанную методику для оценки агрессивности природных вод на начальном участке проектируемого газопровода «Сила Сибири» – Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск, протяженностью 160 км. В качестве исходных данных для расчета используются лабораторные исследования состава вод, отобранных в период 2010-2012 г.

Подземные воды на данном участке, характеризуются спорадическим распространением. Воды, приуроченные к делювиальным отложениям склонов, маломощные и малодобитные, вскрываются на глубине 3-5 м, по составу гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые, натриево-магниевые-кальциевые. Водоупором являются скальные и полускальные грунты, иногда многолетние.

Воды, приуроченные к делювиально-пролювиальным отложениям склонов, связаны с надмерзлотными и межмерзлотными таликами. Расчет произведен по 23 имеющимся по результатам инженерных изысканий химических анализов воды, отобранных по всей протяженности исследуемого участка.

Оценка равновесия карбонатных пород, производилась с использованием программного комплекса HydroGeo, разработанного М.Б. Букаты (1999).

В систему расчетов были приняты: вода и такие базовые ионы, как H^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , OH^- , Cl^- , $(HCO_3)^-$, $(SO_4)^{2-}$; ассоциаты: $(CO_3)^{2-}$, H_2CO_3 , $(CO)^{2+}$, CO_2 , $NaHCO_3$, Na_2CO_3 , $(NaCO_3)^-$, Na_2SO_4 , $(NaSO_4)^-$, $NaHSO_4$, $NaCl$, $NaOH$, $Mg(HCO_3)_2$, $(MgHCO_3)^+$, $(Mg(CO_3)_2)^{2-}$, $MgCO_3$, $MgSO_4$, $(Mg(SO_4)_2)^{2-}$, $(MgHSO_4)^+$, $Mg(HSO_4)^2$, $MgCl^+$, $MgCl_2$, $Mg(OH)_2$, $MgOH^+$, H_2SO_4 , $(HSO_4)^-$, HCl , $(CaHCO_3)^+$, $Ca(HCO_3)_2$, $(Ca(CO_3)_2)^{2-}$, $CaCO_3$, $(Ca(SO_4)_2)^{2-}$, $CaSO_4$, $Ca(HSO_4)_2$, $(CaHSO_4)^+$, $CaCl^+$, $CaCl_2$, $CaOH^+$, $Ca(OH)_2$; следующие минералы $MgCO_3$ (corr.) - магнезит(corr.), $MgCO_3$ - магнезит, $CaCO_3$ к - кальцит, $CaCO_3$ к (IV) - кальцит-IV, $CaCO_3$ а - арагонит, $CaMg(CO_3)_2$ н - доломит (неупор.), $CaMg(CO_3)_2$ у - доломит (упоряд.), $CaMg_3(CO_3)_4$ - гунтит, $CaMg(CO_3)_2$ - доломит, $NaHCO_3$ - нахколит. Результаты расчета индекса неравновесности (Ca) представлены в таблице. Как видно, в большинстве случаев будет происходить процесс растворения горных пород.

Таблица

Результаты расчета индекса неравновесности

№ точки опробования (скв./т.н.)	Минерализация, г/дм ³	Индекс неравновесности θ (Ca)	Абс. отм. т.н., Н, м	pH
101	0.153	-1.6	247.89	7.38
103	0.219	-0.4	243.27	7.6
211	0.791	0.99	461.74	7.35
156	0.618	-1.1	244.31	6.59
6943	0.356	0.26	357.2	7.2
6969		1.6	447.5	8
17	1.13	0.13	387.88	7
35	0.8	0.42	439.33	7.04
36	0.6	0.072	434.87	6.99
38	0.6	0.1	433.75	7
42	0.6	0.23	423.31	7
43	0.7	0.78	424.03	7.13
54a	0.4	-0.035	344.71	7.22
74	0.4	-1.7	416.50	6.54
85	0.4	-1.4	396.50	6.71
1034	0.548	0.2	347.45	7.2
1352	0.425	-0.54	414.95	7.01
2152	0.589	-0.15	458.3	6.99
2207	0.605	0.27	277.5	7.04
2211	0.395	0.13	276.5	7.4
2225	0.401	-1.3	276.08	6.74
2255	0.22	-1.6	253.67	7.08
2278	0.4	-1.1	255.87	7.33

По результатам произведенных расчетов равновесия кальцита к изучаемым водам, была выведена корреляционная зависимость, которая позволила оценить возможность карстопроявлений на исследуемой территории. По полученным данным был построен график зависимости индекса неравновесности CaCO_3 от величины минерализации воды. Анализ данных показал, что воды с минерализацией свыше 0,66 г/л насыщены к кальциту и в этих участках опробования воды, угрозы процесса карстообразования либо нет, либо процесс будет иметь пассивный характер. При анализе зависимости индекса неравновесности и pH данной территории выяснилось, что воды на исследуемой территории являются слабощелочными, величина pH колеблется от 6,5 до 7,8. В тех точках опробования, где величина pH свыше 7,35 воды, вероятно, являются насыщенными к кальциту, угрозы к карстообразованию нет.

Для более точного прогноза карстовой опасности целесообразно выявить зависимость между значением индекса неравновесности и особенностями рельефа в зоне проектирования. Для выявления данной зависимости была проанализирована зависимость между абсолютными отметками скважин, из которых были отобраны пробы воды и значением индекса неравновесности.

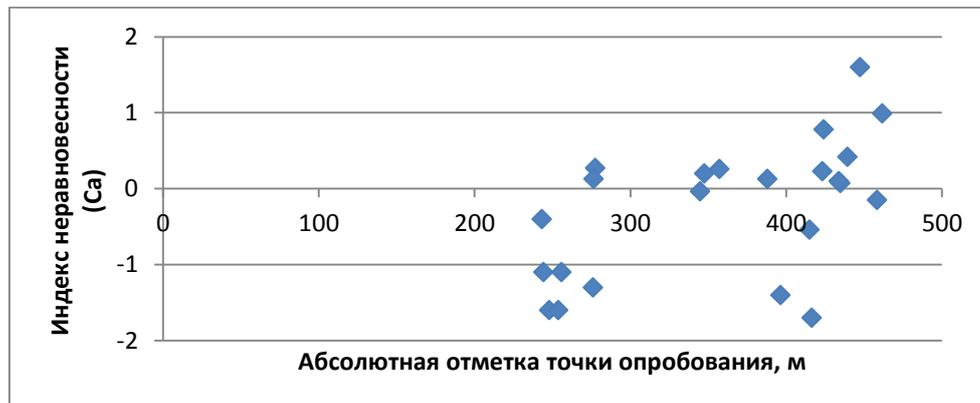


Рис. Изменение индекса неравновесности (Ca) от отметок поверхности

В результате проведенных исследований можно отметить наличие зависимости между геоморфологическими особенностями территории и агрессивностью подземных вод.

Рассмотренная методика является перспективной для исследования инженерно-геологических условий при проектировании линейных сооружений в карстовых районах. Так отрицательным значениям индекса неравновесности по отношению к кальциту соответствуют пробы, отобранные из поверхностных водотоков и скважин, приуроченных к днищам местных понижений. Формирование зон меньшей насыщенности вод относительно кальцита обусловлено увеличением здесь интенсивности водообмена.

Таким образом, на основании интерпретации результатов инженерно-геологических изысканий в районе строительства начального участка магистрального газопровода «Сила Сибири» изучено влияние химического состава подземных вод на развитие карстового процесса. Представляется необходимым выполнить подобное гидрогеохимическое моделирование по всей трассе магистрального газопровода

Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой гидрогеологии // Разведка и охрана недр. 1997 (2) С.37-39.

2. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир. 1968.368 с.
3. Гвоздецкий Н. А. Карст. М.: Мысль. 1981. 214 с.
4. Гвоздецкий Н. А. Карстовые ландшафты. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1988.112 с.
5. Зверев В.П. Подземные воды земной коры и геологические процессы. М.: Научный мир. 2007. 256 с.
6. Катаев В.Н. Методология и практика сравнительно-оценочного карстологического районирования. Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 2001. 85 с.
7. Макеев З.А. Принципы инженерно-геологического районирования //Карстоведение. 1948 (4): С.43-45.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В РУДНИЧНОМ РАЙОНЕ ГОРОДА КЕМЕРОВО

А.С. Ефстифеева

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: geology2412@mail.ru*

Аннотация. Освещаются проблемы, обусловленные развитием опасных природных и техноприродных процессов, методы их изучения и инженерной защиты территории.

Abstract. Problems caused by the development of dangerous natural and techno-natural processes, the methods of study and the engineering protection of the territory are highlighted here.

В век активной застройки и освоения территории, все большая часть Российской Федерации становится подвержена опасным геологическим процессам, которые провоцируются техногенными факторами, что в свою очередь несет неопределимый вред не только зданиям и сооружениям, но и жизни и здоровью людей.

Ярким примером таких процессов является подтопление, которому, в той или иной мере, подвержены многие территории России. В соответствии со СНиП 2.06.15-85 и СП 11-105-97 (Часть II) территории, в пределах которых подземные воды залегают на глубине более 3 м, если они непосредственно воздействуют на основания и фундаменты эксплуатируемых или проектируемых зданий и сооружений следует считать подтопленными.

На настоящий момент, для территории Кузбасса проблема подтопления является одной из самых актуальных. Помимо предпринимаемых действий по предупреждению и предотвращению развития процесса, участки территории города, на которых подтопление высоких степеней может привести к наиболее серьезным отрицательным последствиям, необходимо анализировать и выделять в качестве зон *повышенной опасности*.

В данной работе предпринимается попытка анализа опасных инженерно-геологических факторов территории города Кемерово, на примере объектов на которых проводились изыскания в период 2011-2014 гг. специалистами компании ООО «Геотехника».

С поступлением нового материала планируется разработать систему районирования территории города Кемерово по степени негативного воздействия подтопления и других опасных геологических процессов, а также предусмотреть работы по их предупреждению и предотвращению.

В административном отношении рассматриваемые объекты располагаются в Рудничном районе г.Кемерово.