



ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО СЕМИНАРА



МИНСК 2014

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ПО
ТОПЛИВУ И ГАЗИФИКАЦИИ «БЕЛТОПГАЗ»
ПРОЕКТНОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«БЕЛГИПРОГАЗ»
КАФЕДРА ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ БГУ
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ БГУ

ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ
научно-практического семинара
Минск, 10 декабря 2014 г.

МИНСК
2014

УДК 696.204-048.35 (06)
ББК 38.753я431
И 665

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

А. В. Жилко – первый заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз»;
А. А. Простаков – заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз» по
строительству;
Мороз Д. Р. – директор РУП «Белгипрогаз»;
Губин В. Н. – заведующий кафедрой динамической геологии БГУ, доктор
географических наук, профессор;
Дубман А. В. – заместитель главного инженера РУП «Белгипрогаз»;
Санько А. Ф. – заведующий кафедрой инженерной геологии и геофизики БГУ,
доктор геолого-минералогических наук

Р е д а к т о р:
А. Ф. Санько

Р е ц е н з е н т ы:
доктор геолого-минералогических наук, профессор *М. Г. Ясовеев*;
доктор географических наук *Д. Л. Иванов*

Инновации в проектировании систем газоснабжения: материалы научно-практического семинара. Минск, 10 дек. 2014 г. / ред.: А.Ф. Санько. – Минск: Белгипрогаз, 2014. – 31 с.

В сборнике материалов представлены работы, отражающие инновационные направления в проектировании систем газоснабжения. Приведены данные по геоэкологическому обоснованию проектирования подводных и магистральных газопроводов на предпроектном этапе исследований, по дистанционному зондированию Земли из космоса для целей инженерной геологии. Показаны возможности применения беспилотных летательных аппаратов в теплоразведке, обозначены геохимические проблемы при проведении геологических изысканий в строительстве и другие направления, которые могут быть использованы в проектировании систем газоснабжения.

Сборник представляет интерес для инженеров-геологов, инженеров-геодезистов, специалистов в области трубопроводного транспорта, преподавателей, студентов и аспирантов геологических и географических специальностей.

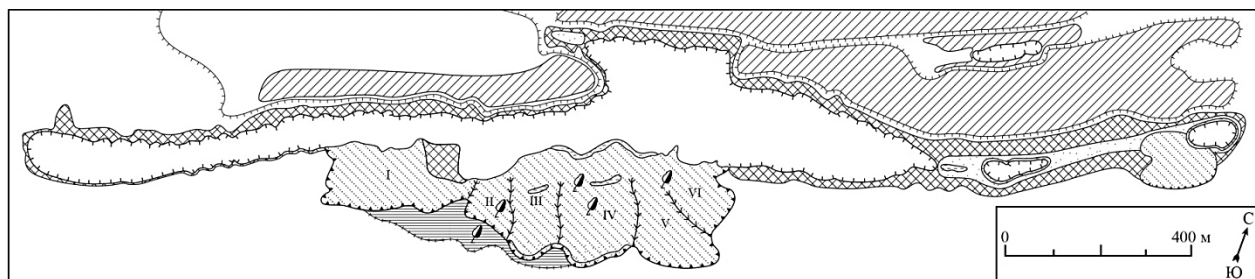
УДК 624.131.3+551.3

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭКЗОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОТРАБОТАННЫХ МЕЛОВЫХ КАРЬЕРАХ

К. Ю. Балашов, С. М. Колошич

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Цель исследования – изучить особенности проявления экзогенных геодинамических процессов на примере отработанного карьера «Карповцы-4», относящегося к месторождению меловых пород отторженцевого типа «Колядичи» у г.п. Красносельский Волковысского района Гродненской области. На объекте выделены следующие экзогенные процессы: переработка берегов, гравитационные (обвальнo-осыпные и оползневые) эрозионно-аккумулятивные (склоновой и линейной эрозии), а также процессы заболачивания (рисунок).



1 – береговая линия карьерного водоема; 2 – отвалы; 3 – процессы переработки берегов; гравитационные процессы: 4 – обвальнo-осыпные процессы, 5 – делювиально-пролювиально-коллювиальные отложения; оползневой процесс: 6 – оползневой уступ, 7 – оползневое тело, 8 – трещина отрыва, 9 – оползневой блок, 10 – линия раздела оползневых языков (цирков) и их номера, 11 – «пьяный лес»; 12 – эрозионно-аккумулятивные процессы; 13 – процессы заболачивания

Рисунок. Схема проявления экзогеодинамических процессов в пределах отработанного карьера «Карповцы-4» месторождения меловых пород «Колядичи»

Переработка берегов. Процессы переработки берегов связаны с береговой зоной водоемов в отработанном карьере. Длина береговой линии наиболее крупного водоема, приуроченного к центральному и юго-западному участку карьера, составляет 4,6 км. Причинами, вызывающими переработку берегов, являются гидрогенные и гидрогеогенные условия. Гидрогенные условия определяют волновой и уровенный режим. Волновой режим имеет наибольшее значение в переработке берегов водоёмов, образуя волноприбойную нишу и уступы, способствуя возникновению оползневых и эрозионных процессов. Волновой переработке и разрушению подвержены нижние части (высотой до 0,5-0,7 м над водой) западных и юго-восточных склонов, обращенные

перпендикулярно к волнам. Режим изменения уровня воды в водоёме отвечает за разрушение горных пород волнами, подпор уровня грунтовых вод, увлажнению-высыханию берегов и соответственно набуханию и усадке отложений, образованию трещин, обрушению и оползням. Гидрогеогенные условия определяют величину подтопления, положение уровня грунтовых вод, а так же водопроявления на склонах. Последние отмечаются на южном оползневом склоне карьерного водоема. На переработку берегов влияют морфология подводного и надводного рельефа, а также конфигурация береговой линии, которая оказывает влияние на избирательность проявления процесса переработки берегов. Признаками протекания процесса являются абразионные уступы, волноприбойные ниши, галечные пляжи, аккумулятивные отмели, конуса выноса у подножья склонов и в местах впадения ручьев, подводные конусы осыпей, затопление краевых участков оползней с находящимся на них «пьяным лесом», заболачивание прибрежных мелководных участков.

Обвально-осыпные и обвальные процессы. В карьере развиваются малые (3,5×3×2 м) по размерам и объёмом менее 10 тыс. м³ обвалы. Они приурочены к бортам карьера высотой 25 и более метров, с углом наклона более 60°. В течении года обвалы случаются довольно часто (1-2 раза и чаще) по мере создания условий для их образования. Наиболее интенсивно обвалы проявляются на склонах, сложенных плотными меловыми и глинистыми породами, а так же в местах оползневых уступов. Этому так же способствует абразионное действие волн карьерного водоема, образуя отвесные обвалоопасные обрывы. Интенсивность протекания обвальных процессов определяется, прежде всего, высотой склонов карьера. На активность протекания процесса указывает наличие разрушенных глыб обвалившихся пород и плоскости отрыва склонов под свежими обнажениями горных пород в верхней части склонов, трещины отрыва на крутых склонах, вертикальные уступы, не покрытые растительностью, а также стволы и корни деревьев у подножья склонов и нависающие карнизы почв. Осыпные процессы распространены на коренных склонах карьеров и отвалов вскрышных пород с наклоном более 30°, незакрепленных растительностью, а так же в пределах оползневых уступов, плоскостей отрыва оползней, в обнажениях рыхлых несвязанных пород. Кроме того, осыпи развиты на выходах слабо выветрелых, трещиновато-слоистых меловых, глинистых и плитчатых моренных слоев. Осыпные процессы диагностируются по следующим признакам: по наличию осыпных лотков, скальных обрывов и крутых уступов скальных пород, тел осыпи, конусов, шлейфов и полос осыпей. Состав осыпных отложений отражает состав горных пород, слагающих склон. Коренные склоны, сложенные меловыми породами и подверженные осыпному процессу покрываются осыпным телом, при этом могут переходить и образовывать осыпные склоны. Последние расположены нередко внизу коренных склонов у дна карьеров.

Оползневые процессы. Оползневые склоны имеют неровные очертания, дугообразные изгибы и разделяющие их выступы. Основными признаками

проявления оползневого процесса служат такие формы как оползневые цирки, уступы, взбугренные поверхности, трещины, плоскости срыва, «пьяный лес», несовпадение положения пластов и изменение азимутов их простирания, а также большое количество водопроявлений на склонах. Оползневый цирк имеет полукруглую в плане форму и взбугренное дно, наклоненное к центру карьера. Оползневые трещины и плоскости срыва появляются в местах возникновения нового оползневого цирка. Взбугренная поверхность дна цирков имеет наклон в сторону карьера до 25° и образована такими формами как оползневые языки, бугры и разделяющие их ямы. Поверхность бугров испещрена трещинами, микробуграми и эрозионными рытвинами. Оползневые языки проявляются слабо и имеют выпуклую форму, вытянутую к центру карьера. В средней и нижней частях оползневого склона, вплоть до берега водоема, расположен «пьяный лес». Условиями проявления оползневого процесса являются: характер геологического строения южного склона карьера (наличие тугопластичных глин, по которым проходит плоскость смещения оползня), нисходящая разгрузка грунтовых вод в сторону карьерного водоема, сила тяжести, а также большие крутые склоны. С оползневым процессом парагенетически связаны обвально-осыпные и эрозионные процессы. Обвалы и осыпи развиваются в пределах оползневых уступов, а эрозионные развиваются на теле оползня. Охарактеризованный выше оползень относится к типу скольжения. Предполагается, что оползневый процесс будет развиваться и в дальнейшем, захватывая всё новые и новые участки у южного борта карьера.

Эрозионно-аккумулятивные процессы. Эрозия развивается на склонах карьера, на отвалах, на прикарьерных пологонаклонных участках с уклонами менее чем 30° . Наиболее часто эрозии подвержены протяженные пологие склоны прямой и пологовыпуклой формы, сложенные глинистыми породами. Причинами, вызывающими протекание процесса, являются: крутизна и длина склона, свойства и механический состав пород, слагающих склон (глинистые, суглинистые и меловые грунты), характер растительности, а также техногенные факторы. Индикаторами развития процессов склоновой эрозии служат микробугристый и микробороздновый рельеф поверхности склона, наличие делювиальных отложений, залегающих в нижних частях склонов и у их подножий в виде покровов и делювиальных шлейфов. Процессы овражной эрозии развиваются на склонах меловых карьеров, а также на поверхности отвалов крутизной менее 70° . На интенсивность протекания овражной эрозии влияют размываемость и сопротивление пород струйчатому размыву. Скорость роста оврагов неравномерная. Наиболее интенсивно она протекает в первые годы после окончания эксплуатации карьера. Овраги в стадии промоины широко встречаются на крутых (более 30°) стенках карьеров, имеют линейно-вытянутую симметричную форму в плане, шириной до 50 м, глубиной до 0,3 м и протяженностью до 15-20 м. Овраги на стадии врезания вершины встречаются чаще. Протяжённость таких оврагов составляет около 100 м. В плане они имеют разветвлённую форму и многочисленные отвержки-промоины, а овражные конусы выноса в устьях оврагов находятся в пределах дна карьерного водоёма. Овраги на стадии выработки профиля равновесия

представлены реже и развиты они на центральном, наиболее расширенном участке карьера, на южной стенке и приурочены к южному оползневому склону карьера шириной до 250 м. Ширина таких оврагов достигает 10-15 м, глубина 5-7 м, поперечный профиль V- и U-образный, длина оврагов достигает 200 м.

Процессы заболачивания происходят на дне карьера, что приводит к образованию массивов низинных болот с характерной для них водно-болотной растительностью. Кроме того, заболачиванию подвержены низинные участки вдоль южного берега карьерного водоема, подтопляемые участки береговой зоны и мелкие зарастающие водоёмы в северо-восточной части карьера, а так же приустьевые участки дна оврагов на южном оползневом склоне центральной части карьера. Заболачивание происходит вследствие избыточного увлажнения в понижениях, что связано с выходом на поверхность грунтовых вод, подтоплением водами карьерного водоема и подпитыванием атмосферными осадками. Наибольшее значение в образовании и развитии процесса заболачивания играют геоморфологический и геологический факторы, опосредственно влияет фактор состава подстилающих отложений. Заболоченные участки приурочены к отложениям, для которых характерен низкий коэффициент фильтрации. Слагающие заболоченные участки озёрно-болотные отложения представлены органогенными карбонатными илами серого цвета с включением растительных остатков. В понижениях отлагаются песчано-глинистые илы тёмно-серого цвета с включением органических остатков. Мощность отложений до 0,5 м.

Таким образом, охарактеризованные выше процессы широко представлены в карьере и его окрестностях. Они легко диагностируются, что связано с их высокой активностью протекания, а так же с отсутствием мер по минимизации их последствий. Необходимость изучения протекающих процессов, главным образом обвальных и оползневых, связана с возникающими из-за них геологическими опасностями, а также их отрицательным воздействием на прилегающие к карьерам территории, постепенно выводящих их из хозяйственного оборота. В настоящее время остается актуальным вопрос о будущем отработанных меловых карьеров. Предлагается проведение рекультивационных мероприятий или же сохранение карьерных выработок с организацией на них рекреационно-туристической деятельности в комплексе с созданием охраняемых природных территории гидрологического и геологического значения.

УДК 551.79(476)

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА: ИННОВАЦИИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

В. Н. Губин, А. Ф. Санько

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Космическое зондирование Земли является инновационной технологией в геологических исследованиях и обеспечивает их выполнение значительным объемом разноплановой информации о литолого-фациальных особенностях горных пород, уровненом режиме грунтовых вод и проявлениях современных геодинамических процессов [Губин, 2012]. Космогеологический анализ способствует проведению инженерных изысканий в пределах конкретных площадей для гражданского и промышленного строительства.

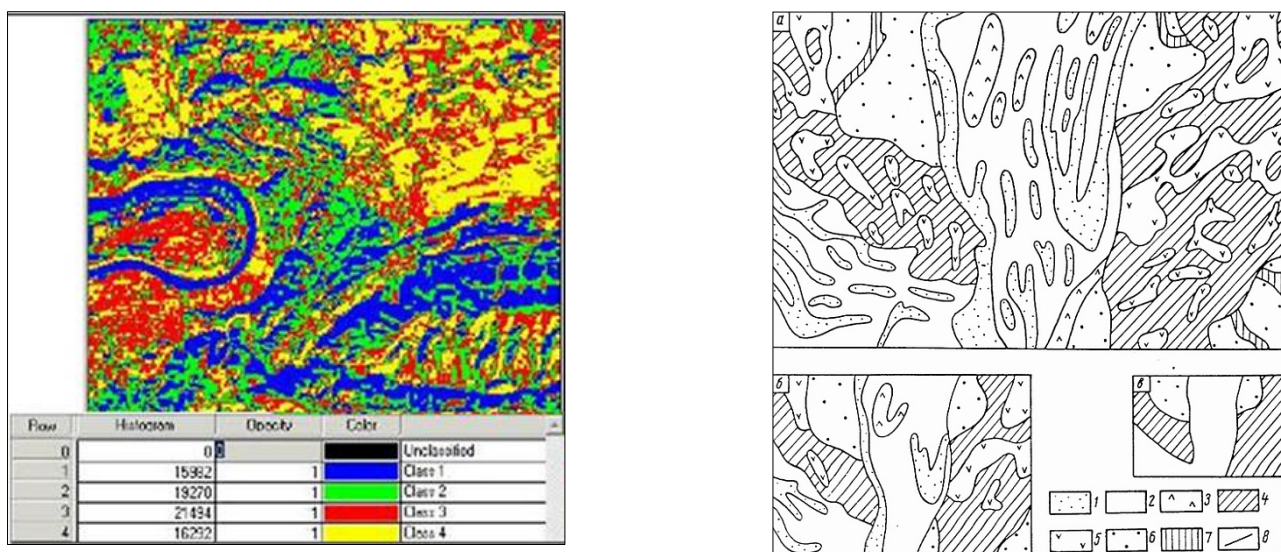
На современном этапе космогеологических исследований высокой геоинформативностью отличаются космические снимки (КС), выполненные съемочными системами с Белорусского космического аппарата (БКА), спутников ALOS (Япония), Spot-5 (Франция), IKONOS (США) и Ресурс-ДК (Россия). Дистанционное зондирование оптико-электронной аппаратурой обеспечивает получение космоизображений площадей, в том числе планируемых для проведения инженерных изысканий, в цифровом варианте и последующее их геологическое дешифрирование с помощью компьютерных технологий. Электронные космоизображения могут быть преобразованы специальным устройством в виде фотографических снимков.

Дистанционное зондирование Земли БКА, выведенным на космическую орбиту 22 июля 2012 г., осуществляется оптико-электронной аппаратурой, позволяющей в панхроматическом режиме получать КС с разрешением объектов на земной поверхности 2 м и 10 м в мультиспектральном режиме. При этом панхроматическая съемочная система обеспечивает КС в одной зоне электромагнитного спектра 0,54-0,86 мкм, а мультиспектральная в четырех каналах – 0,46-0,5; 0,5-0,6; 0,6-0,7 и 0,7-0,84 мкм [Золотой, 2010]. Мировыми аналогами БКА являются действующие в настоящее время спутники Spot-5 и ALOS. В связи с инженерно-геологическими исследованиями на территории Беларуси следует отметить сравнительно высокую разрешающую способность дистанционного зондирования БКА и широкий спектральный диапазон съемки, охватывающий как видимую часть спектра, так и ближний инфракрасный интервал электромагнитных волн.

На основе геоиндикационного дешифрирования КС, выполненными со спутников оптико-электронной аппаратурой, достигается возможность изучения и картографирования литолого-фациальных особенностей породного массива, определения глубин залегания уровня грунтовых вод (УГВ), а также выяснение пространственно-временных закономерностей развития современных геодинамических процессов. В условиях Беларуси состав и мощность грунтов индицируются на КС с различной степенью достоверности,

что обусловлено характером залегания и литолого-фациальной пестротой четвертичных отложений, значительной техногенной освоенностью региона. В ходе космогеологических исследований установлено, что наиболее точно определяются мощные (3-5 м и более) песчаные горизонты, оторфованные грунты, слои торфа в 1-2 м и более, значительные толщи супесчано-суглинистых образований, а менее достоверно – маломощные слоистые толщи, дифференцированные по литолого-фациальному составу. Глубина залегания УГВ прогнозируется в пределах 0-0,5; 0,5-1; 1-3; 3-5 и более 5 м.

Индикация грунтов и гидрогеологических условий уверенно осуществляется в пределах развития озерно-ледниковых, флювиогляциальных и аллювиальных отложений, особенно на площадях слабо затронутых хозяйственной деятельностью. Так, плоские озерно-ледниковые равнины, занятые черноольховыми лесами, являются показателями суглинисто-глинистых грунтов и залегания УГВ на глубине около 2 м. Для широко развитых здесь заболоченных низин (торфяно-осоковых, гипново-осоковых) характерны торфяно-болотные отложения, подстилаемые песчано-супесчаными грунтами, и близкое залегание УГВ (~1 м). В пределах речных долин по комплексу геоиндикационных признаков диагностируются положение УГВ и различия литолого-фациальных особенностей аллювиальных отложений (рис. 1).



- 1 – эоловый песок, 2 – аллювиальный песок (пойма),
 3 – болотные отложения на пойме, 4 – аллювиальные отложения надпойменных террас, 5 – болотные отложения надпойменных террас, 6 – флювиогляциальные отложения,
 7 – делювиально-пролювиальные отложения

Рисунок 1. Классификация космического снимка аллювиальных отложений четвертичного возраста (слева); картографирование аллювиальных отложений на основе классификации космических снимков, выполненных в панхроматическом (а) и мультиспектральном (б, в) режимах дистанционного зондирования (справа)

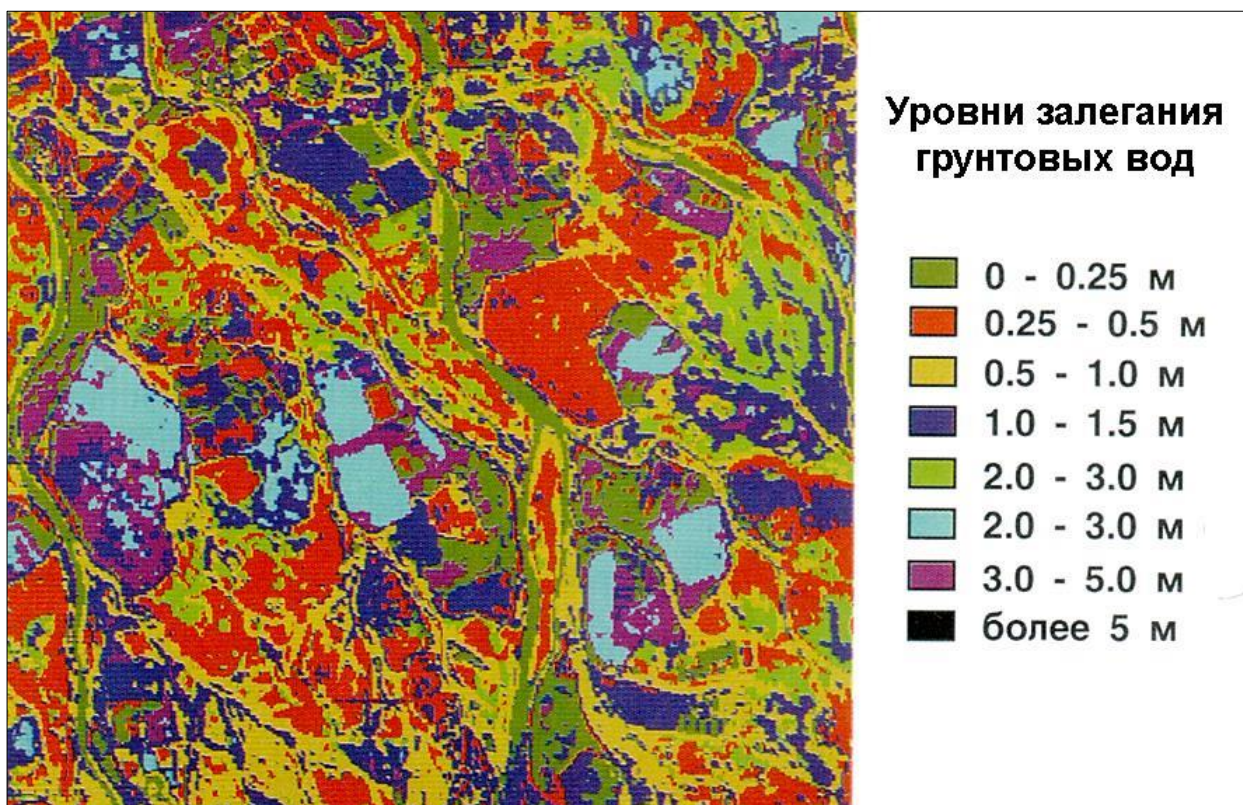


Рисунок 2. Гидрогеологическое дешифрирование классифицированного космического снимка

В ряде случаев на мелиорированных распаханых участках неглубоко залегающие песчано-супесчаные отложения проявляются сквозь верхние слои маломощного торфяного покрова и дешифрируются на КС. Важной геоиндикационной информацией являются сведения о мелиоративных системах (каналах, дренах). На КС высокого разрешения по космоизображению днища канала, высыпок вдоль него возможно определение глубин залегания УГВ, мощность торфа и подстилающих грунтов. В результате классификации космоизображения достигается возможность выполнить оценку гидрогеологических условий территории (рис. 2).

Показателями неглубоко залегающих мергельно-меловых пород являются гляциодислокации, широко развитые в области древнематерикового оледенения. Они различаются на КС в виде «складок» и «чешуй», образующих субширотно ориентированный полосчатый космофоторисунок. Для индикации гляциодислокаций в лесной зоне важны выявление аномальных по производительности древостоев, учет обилия ксерофильных видов и видовой насыщенности в напочвенном покрове. Космическая литоиндикация не вызывает затруднений в пределах локальных деформаций рельефа. Ложбины временных водотоков, разного рода котловины, эоловые формы рельефа являются надежными показателями вещественного состава отложений. При изучении уровня режима грунтовых вод следует обращать внимание на характер растительного покрова. Так, эоловые гряды с сосновыми лишайничково-кустарничковыми лесами и суходольными лугами индицируют

полевошпатово-кварцевые мелко- и тонкозернистые пески и УГВ на глубине более 5 м. На КС они распознаются по серповидному, дугообразно-полосчатому либо округло-вытянутому космофоторисунку. Важным индикатором литолого-фациальных особенностей горных пород является рисунок гидрографической сети, хорошо различимый на КС. Густая гидрографическая сеть и многочисленные водоемы свидетельствуют о водоупорных, менее устойчивых к эрозии отложениях – глинах, суглинках, а редкая – о наличии водопроницаемых пород – песков и супесей. Исключением являются покровы лессовых пород, которые из-за хорошей водопроницаемости могут иметь густую сеть оврагов, балок, долин и ложбин.

В результате космогеологических исследований достигается возможность составления инженерно-геологических карт масштаба 1:50 000 и 1:25 000, отражающих литолого-фациальный состав четвертичных отложений, гидрогеологические условия и проявления экзодинамических процессов в пределах площадей проведения инженерных изысканий. Дистанционное зондирование Земли из космоса эффективно дополняет традиционные методы инженерно-геологических исследований, позволяя районировать изучаемые территории, ориентировать дорогие, трудоемкие и длительные детальные наземные изыскания на оптимальные участки, увязывать между собой точечные наблюдения и вести мониторинг уже реализованных проектов.

Актуальными задачами внедрения дистанционных методов в инженерной геологии на территории Беларуси являются следующие: 1) оценка инженерно-геологической информативности КС, полученных панхроматической и мультиспектральной съемочными системами со спутников; 2) разработка методических рекомендаций инженерно-геологических исследований на основе космического зондирования; 3) инженерно-геологическое обоснование конкретных площадей с использованием космогеологических данных.

Литература

Губин, В. Н. Перспективы региональных геологических исследований по данным дистанционного зондирования Белорусским космическим аппаратом / В.Н. Губин // Геологическая наука и инновации. Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 14-16 ноября 2012 г. Мн., 2012. С. 43-47.

Золотой, С. А. Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли: современное состояние и перспективы развития / С. А. Золотой // Геоматика. 2010. №3. С. 31-33.

УДК 696.204

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДВОДЯЩИХ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ (ПРЕДПРОЕКТНЫЙ ЭТАП)

А. В. Дубман¹, А. Ф. Санько², В. Н. Губин², А. Ф. Ковалева¹

¹ ПРУП «Белгипрогаз», ² Географический факультет БГУ, Минск, Беларусь

Исходя из современных тенденций развития инженерных изысканий, назрел вопрос по разработке и внедрению инновационных методов, позволяющих оперативно и довольно детально оценивать условия участка для проектирования трасс газопроводов.

РУП «Белгипрогаз» совместно с географическим факультетом БГУ предлагает выполнение комплексных геоэкологических исследований с целью оптимального выбора участка под будущее строительство. При выборе участков проектирования подводящих и распределительных газопроводов все еще не учитываются следующие геоэкологические факторы и особенности:

- 1) специфика рельефа;
- 2) распространение заболоченных территорий;
- 3) глубина залегания грунтовых вод;
- 4) распространение опасных геологических процессов;
- 5) строение речных долин.

Отсутствие такой информации влияет на строительство и эксплуатацию газопроводов. Происходят аварии при переходах через крупные реки горизонтально-направленным бурением при строительно-монтажных работах, всплытие газопроводов при высоком уровне грунтовых вод, тиксотропные свойства грунтов при механическом воздействии, процесс перехода открытым или закрытым способом через заболоченные участки (см. рисунок), неверное определение типа болот, ошибочный расчет водопонижения при неучтенных специфических свойствах грунтов и др.

Основу данных исследований составляют дистанционное зондирование земной поверхности из космоса, изучение геологического строения четвертичных отложений, геоморфологическая характеристика территории, оценка развития опасных инженерно-геологических процессов (оползневая, карстово-суффозионная, эрозионная опасность) и районирование неблагоприятных участков, особенности рельефа краевых ледниковых образований, гидрогеологические условия, оценка воздействия на окружающую среду (животный и растительный мир, расчет ущерба рыбному хозяйству).

Планируется оперировать следующими данными: мультиспектральные космические снимки (выполненные съемочной системой Белорусского космического аппарата (БКА), спутников ALOS (Япония), Spot-5 (Франция), IKONOS (США), и Ресурс-ДК (Россия) с разрешением объектов на земной поверхности 2 м и 10 м), данные дистанционного зондирования, картографические данные (крупного и среднего масштабов), геологические,

гидрогеологические, геофизические и экологические данные (из фонда РУП «Белгипрогаз», РУП «Белгеология», УП «Геосервис», РУП «ЦНИИКИВР», НПЦ по геологии, НСМОС РБ, БелНИЦ «ЭКОЛОГИЯ» и др.)

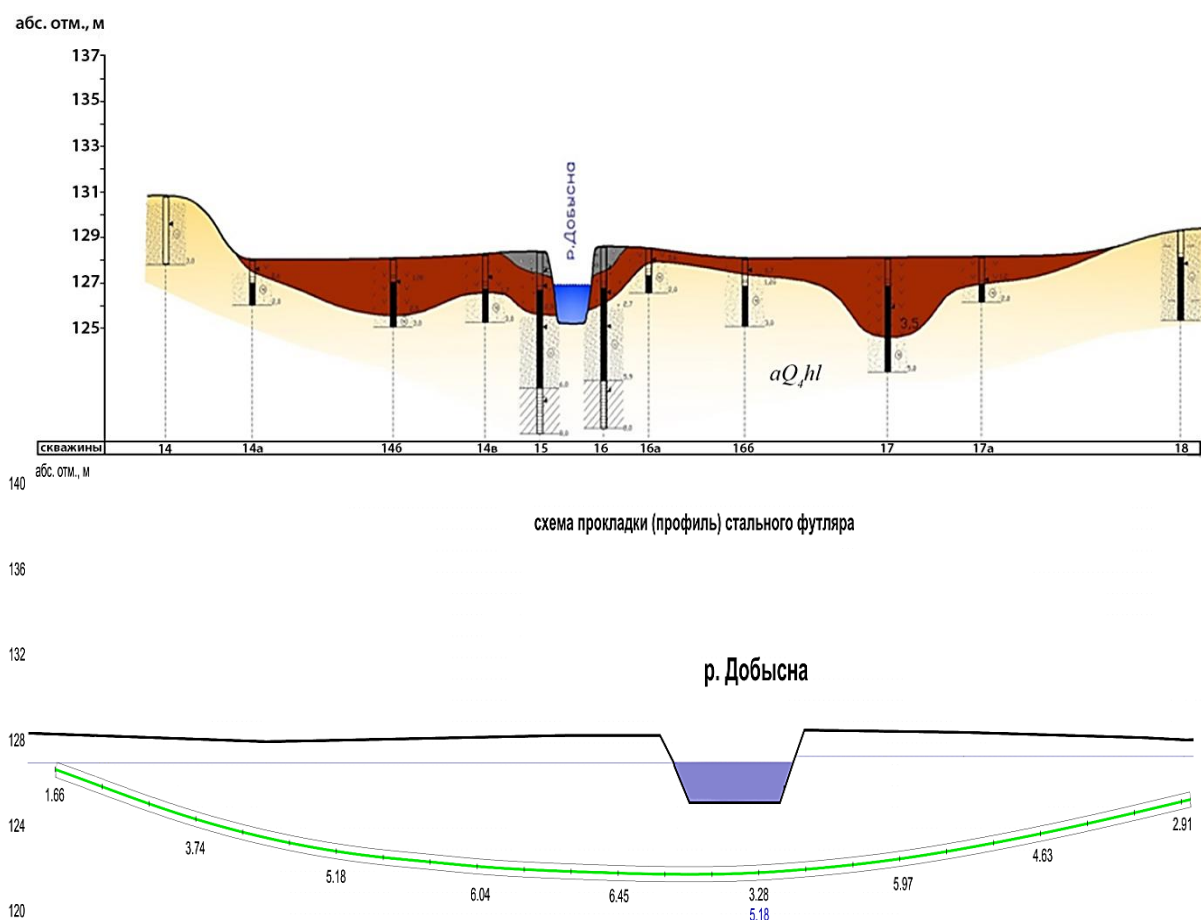


Рисунок. Инженерно-геологические условия при переходе через пойму р. Добысна горизонтально-направленным бурением

Изучение геологического строения толщи на основании изучения литолого-фациального анализа четвертичных отложений, физико-механических свойств грунтов, положение УГВ, применение новой (2010 г.) стратиграфической схемы и новой легенды для геологических карт, позволит детально оценить и отразить региональные особенности территории будущего строительства газопроводов.

На основании данных исследований предполагается разработка геоинформационной базы (картирование, построение профилей, моделирование) а также прогнозирование неблагоприятных условий и процессов исследуемой территории.

Использование новых методов в перспективе позволит внести изменения в действующую нормативно-техническую базу и разработку новых нормативных документов учитывающих современные научные возможности, тем самым изменив объем изысканий на последующих стадиях проектирования.

УДК 629.735+621.316

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. А. Ковалев, С. И. Кононович
ЗАО «Экомир», Минск, Беларусь

Технологии быстрого сбора геодезических (пространственных) данных находятся в постоянном развитии. Совершенствуются как сами радио- и оптоэлектронные приборы, так и программное обеспечение по управлению этими приборами и представлению данных, получаемых с их помощью.

Современные программное обеспечение по хранению и представлению пространственных данных неразрывно связано с понятием о геоинформационных системах (ГИС). Универсальные геоинформационные системы традиционно имели подсистему ввода пространственных данных, связанную с технологиями обработки цифровых изображений местности и графметрии. Эти технологии промежуточной обработки использовали данные космической и воздушной съемки местности и долгое время являлись наиболее быстрыми по сбору данных технологиями, по сравнению с традиционными, связанными с наземными съемками. Новое поколение геодезических приборов такие, как приборы для приема сигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и лазерные сканеры наземного и самолетного базирования, при проведении измерений генерируют непрерывный поток данных. Они фиксируются в накопителях самих приборов или передается по линиям связи на компьютеры обрабатывающего информацию центра.

Для представления пространственной информации, получаемой с указанных приборов, в виде цифровых карт, реализуемых в ГИС, необходима дополнительная обработка данных, поскольку их форматы в силу исторических причин чаще всего не совпадают. Производители крупных универсальных ГИС (ArcGIS, MapInfo, QGIS и т.п.) начали разрабатывать пользовательские интерфейсы доступа, но только для отдельных приборов наиболее известных производителей. В свою очередь производители приборов начали использовать упрощенные ГИС-модули известных производителей в своих компьютеризованных приборах, оснащенных операционными системами для карманных (Hand Set) компьютеров и сенсорных (touch screen) планшетов. Компромисс, приемлемый для конечного пользователя, заключается в использовании обменных форматов данных, предлагаемых международными организациями по стандартизации.

В настоящей работе рассмотрены возможности современных ГНСС приборов, работающих в реальном масштабе времени, предлагаемых концерном Leica, для быстрого сбора пространственной информации. Эти приборы имеют или прямой, или косвенный интерфейс с современными ГИС системами и могут работать в полевых условиях как с планшетами

собственного, так внешнего производителя, оснащенных соответствующим программным обеспечением.

УДК 629.735+621.316

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ТЕПЛОРАЗВЕДКЕ

В. Н. Кузьмин¹, В. И. Зуй¹, А. М. Павлюченко²

¹ БГУ, кафедра инженерной геологии и геофизики, Минск, Беларусь,

² ГНПО НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь

Развитие беспилотных технологий в последнее десятилетие позволило существенно расширить сферу их применения в гражданском секторе деятельности. В настоящее время в мире существует большое количество типов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), различающихся по набору своих характеристик. Миниатюризация систем управления и спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать беспилотные летательные аппараты, у которых габариты, масса, а, главное, стоимость на порядки меньше прежних. По доступности беспилотные технологии стали приближаются к гражданским, что дало толчок к формированию индустрии новых услуг.

Практический опыт применения БПЛА ведущими странами выявил широкий набор гражданских задач, при решении которых БПЛА показывают свою высокую эффективность. Еще в прогнозе компании Teal Group (США) от 2004 г. отмечено, что в ближайшее десятилетие самыми крупными рынками для гражданской беспилотной авиации будут виды деятельности, где требуется регулярный осмотр линейных и площадных объектов. По имеющимся данным в странах Европейского Союза распределение потребительского спроса на гражданские беспилотные летательные аппараты составляет: 37 % – мониторинг земной поверхности, 13 % – обеспечение телекоммуникаций, 12 % – мониторинг лесных пожаров, 22 % – пограничное наблюдение, 6 % – мониторинг нефте- и газопроводов, 5 % – мониторинг ЛЭП, 5 % – прочие.

Эффективным средством мониторинга является съемка местности и объектов в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра. Практический интерес представляет дальний ИК-диапазон с длинами волн от 7 до 14 мкм, поскольку именно на этот спектральный диапазон приходится максимум энергии собственного излучения, испускаемого всеми наземными и подземными объектами при температурах, характерных для приповерхностного слоя. Прием теплового излучения обеспечивается специальными приемниками, фиксирующими пространственное распределение поверхностного теплового поля [Bhan, 2009], которое зависит как от наземных и подземных источников тепла, так и физических характеристик геологической среды.

В настоящее время появился новый класс приборов под общим названием неохлаждаемые ИК приемники излучения, которые работают в среднем и дальнем ИК-диапазонах спектра. Преобразование невидимого для человеческого глаза ИК излучения в электрические сигналы производится электронными компонентами прибора, преобразуя их в телевизионный стандарт в тепловизорах или цифровой формат в ИК-камерах. Дифференциация

сигнала происходит в зависимости от температуры тела с шагом 0,1 градуса и, следовательно, наблюдение можно проводить не только днем, но ночью и в сумерках, когда без подсветки видеосъемка невозможна. Более того, вследствие самих свойств ИК излучения в дальнем диапазоне спектра, возможно наблюдение объектов в условия значительной атмосферной дымки и задымленности местности. В дневных условиях уменьшается фактор маскирования тепловых источников на фоне растительности и лесного полога.

Конструктивно базовая часть прибора имеет небольшой размер от 5 см и малый вес от 300 г. В зависимости от функционального назначения она комплектуется дополнительными оптоэлектронными блоками, которые не только определяют конечные пользовательские характеристики, но и изменяют пространственно-весовые параметры системы.

Идеальным средством для теплового мониторинга местности с использованием таких ИК приборов являются беспилотные летательные аппараты. Малогабаритные, летающие на небольших высотах, они могут в автоматическом режиме обследовать заранее заданные территории без участия оператора, передавать материалы съемки на пункт управления или записывать их прямо на борту аппарата в течение всего полета. Наличие на них средств навигации позволяет осуществлять координатную привязку всех материалов.

В 2013 году ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» и ГНУ «Физико-технический институт» разрабатывали методику дистанционного контроля численности и распределения видов диких животных на основе тепловой ИК съемки беспилотными летательными аппаратами. Теплокровные животные являются достаточно мощными источниками теплового ИК излучения и их контуры выделяются тепловизорами на общем тепловом фоне земной поверхности.

Исследования проводились на территории ГПУ НП «Беловежская пуца» и ГПУ НП «Припятский». Полеты проводились над вольерами, где содержатся крупные копытные животные (зубры, лоси, пятнистые олени, благородные олени, лани) различного пола и возраста. Съемки проводились с борта БПЛА «Бусел-М», разработанного в ГНУ «Физико-технический институт». БПЛА «Бусел-М» – это аппарат сверхмалого класса на электрической тяге. Он не требует специальной площадки для запуска и посадки, поскольку запуск производится с руки, а посадка происходит на парашюте. Ниже приведены наиболее важные для пользователя характеристики: крейсерская скорость полета – 65-70 км/ч; практический потолок высоты – 1000 м; максимальная взлетная масса БПЛА – около 10 кг; масса целевой нагрузки – до 0,8 кг; максимальная продолжительность полета – до 70 мин.

Управление происходит или дистанционно с использованием радиосигнала, или посредством программирования маршрута полета в камеральных условиях. Информация в ходе полета, включая данные о местности, получаемые с навесного оборудования, передается в передвижной пункт управления. Зона устойчивого приема информации зависит от чувствительности принимаемой аппаратуры. В стандартной конфигурации радиус зоны действия антенны составляет около 20 км. При камеральном

программировании полет может происходить автономно. Погодные условия полета ограничены скоростью ветра менее 10 м/сек и температурным интервалом от минус 15°C до плюс 35°C). В условиях пониженных температур при полетах следует учитывать и возможность обледенения планера.

Для теплосъемки местности использовалась неохлаждаемая ИК камера «TinyCam640» фирмы «ULIRvision» со следующими основными параметрами: тип детектора – неохлаждаемая матрица (FPA); разрешение в фокальной плоскости – 640×480 pixels; размер ячейки матрицы – 25 мкм; чувствительность по температуре (NETD) - < 65 mK°; частота кадров – 50 Hz; спектральный диапазон – 8-14 мкм; вес (без объектива) – 145 г; размер (без объектива) – 47,5×58×57 мм; фокусное расстояние объектива – 35 мм.

Фиксация объектов на местности происходила в непрерывном режиме и передавалась на пункт управления в телевизионном формате (PAL). При съемках местности выбирались высоты меньше 300 м, чтобы на цифровых изображениях уверенно фиксировать контуры тепловых источников размером не превышающих 3 м. Полоса захвата при максимальных высотах полета составляла 120 м.

Динамический диапазон яркости составлял 8 bit при возможностях аппаратуры 16 bit. Этого динамического диапазона на температурном фоне 0°-20 °С оказалось достаточно не только для выделения тепловых объектов (36°-40 °С), но и контрастирования природных подстилающих поверхностей – растительности, обнажений, инфраструктуры. Объекты с разной температурой и разными теплофизическими характеристиками уверенно фиксировались на снимках, позволяя их идентифицировать.

Детальные исследования тепловой структуры земной поверхности дистанционными методами до недавнего времени были затруднены в силу их значительной затратности и малой последующей отдачей вкладываемых средств. Для целей инженерной геологии в рамках теплоразведки детальные съемки местности с помощью неохлаждаемых ИК камер, установленных на БПЛА, представляет явный интерес при их на порядок меньшей стоимости. В тоже время выявление источников тепла в подземном пространстве представляет интерес для их использования в народном хозяйстве, а их наличие влияет на структуру поверхностного осадочного слоя и указывает на места проведения дополнительных контактных геологических исследований. Детальные теплосъемки важны и для геологического мониторинга городских застроек и инфраструктуры, поскольку они позволяют выявить места утечек тепла, оптимизировать энергобаланс предприятий, предотвратить чрезвычайные события. Например, хорошо известно, что утечки газа и нефтепродуктов из трубопроводов хорошо диагностируются теплосъемкой на ранней стадии их возникновения.

Литература

Bhan, R.K. Uncooled infrared microbolometer Arrays and their characterisation techniques / R.K. Bhan, R.S. Saxena, C.R. Jalwania, and S.K. Lomash // Defence Science Journal. 2009. Vol. 59, No. 6. P. 580-589.

УДК 504. 55 (476)

ИНДИКАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

Д. А. Пашкевич

Географический факультет БГУ, Минск, Беларусь

При взаимодействии нефтепродуктов (НП) с грунтом в течение длительного времени происходят некоторые изменения в его составе. Наиболее заметным является увеличение содержания тонкодисперсного материала. Для загрязненных грунтов свойственно увеличение доли фракции 0,005 мм в составе отложений. Сумма глинистых частиц увеличивается максимум на 5 %. За счет удержания НП тонкодисперсными частицами – увеличивается предел пластичности (W_L). Увеличение содержания тонкодисперсного материала связано с формированием восстановительной обстановки в грунтах, что, в свою очередь, обусловлено присутствием НП. В восстановительных условиях происходит разрушение цементационных связей за счет соединений трехвалентного железа в глинистых грунтах ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$). Присутствие Fe^{2+} вызывает разрушение агрегатов и повышение содержания тонкодисперсных фракций, что приводит к росту гидрофильности глинистых отложений [Бракоренко, 2011].

Сжимаемость загрязненного НП грунта, зависит от первоначальной влажности грунта. Чем меньше его естественная влажность, тем больше сжимаемость после воздействия нефтепродуктов (таблица). Длительное загрязнение может приводить к увеличению сжимаемости грунта за счёт увеличения показателя пластичности. С увеличением пластичности и влажности загрязненного грунта уменьшается его внутреннее трение. Для грунтов загрязненных НП наблюдается и снижение значений удельного сцепления, а также угла внутреннего трения. Это связано с изменением консистенции загрязненных грунтов (при загрязнении происходит дополнительное увлажнение), адсорбцией НП на минеральной поверхности частиц («смазкой» частиц грунта НП). Коэффициент пористости суглинка при загрязнении возрастает, супеси – изменяется незначительно. Коэффициент пористости песков несущественен и, за счет образования новых агрегатов, может даже понижаться.

Избыточное увлажнение и увеличение пластичности грунта могут приводить к увеличению осадки в основании сооружений, что неблагоприятно для их устойчивости. Значение сил сцепления загрязненного грунта увеличивается (за счет тонкодисперсной фракции), однако уменьшается угол внутреннего трения (за счет смазки свободного пространства грунта НП). Для грунтов, загрязненных нефтепродуктами присуще снижение удельного электрического сопротивления, что связано с изменением солености поровых растворов из-за их контаминации НП [Бракоренко, 2013].

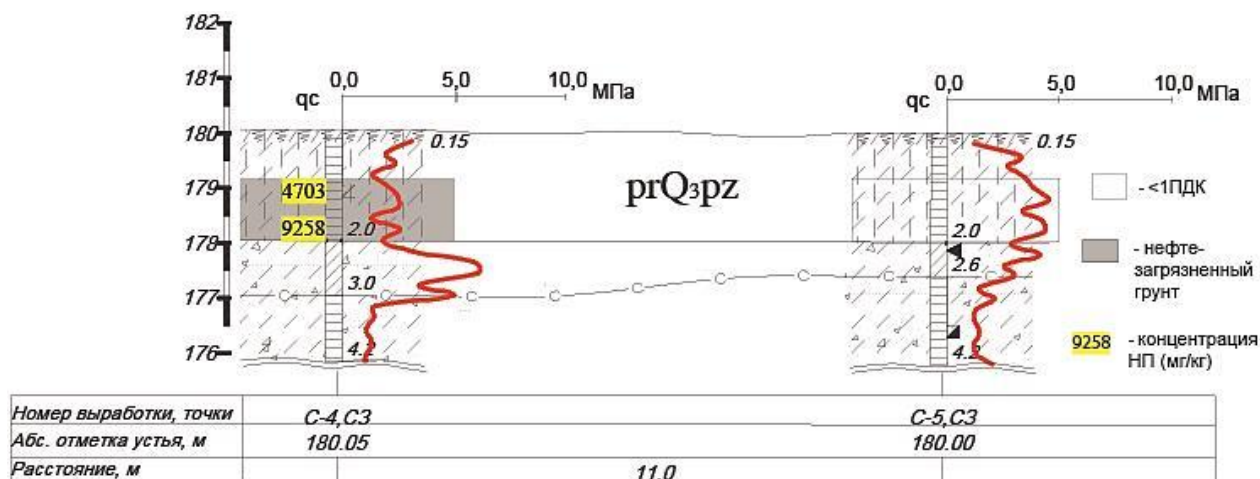


Рисунок 1. Часть инженерно-геологического разреза территории нефтебазы в д. Буйничи с нанесенным нефтепродуктовым загрязнением [Петрушенко и др., 2013, 2014]

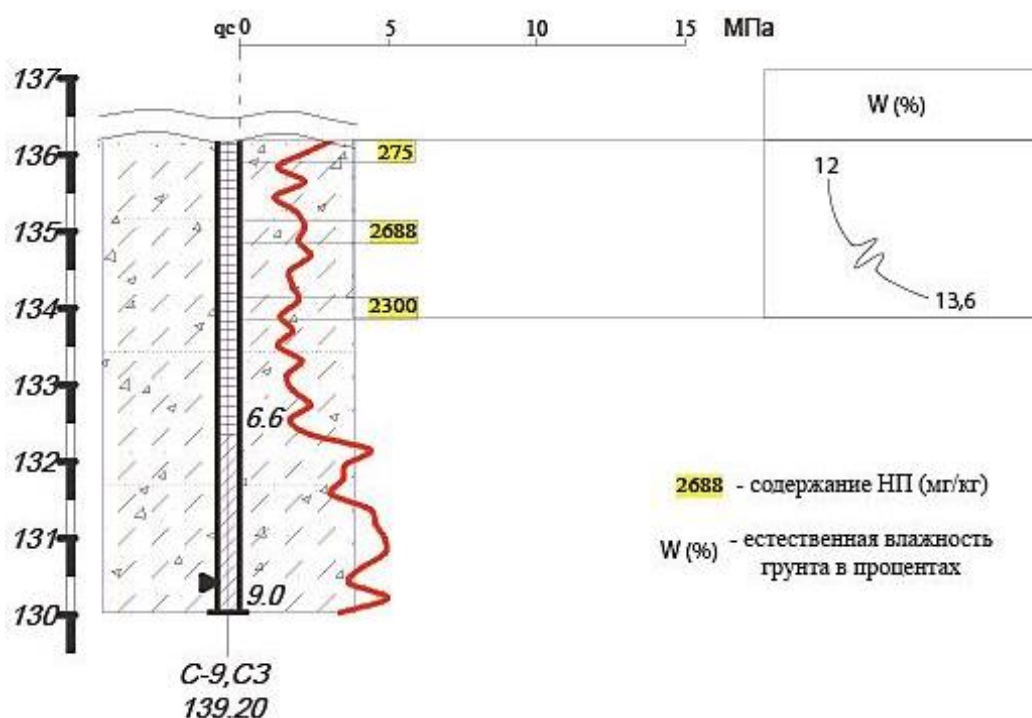


Рисунок 2. Призобойная часть скв. 9 инженерно-геологического разреза территории АЗС №33 г. Жлобина с нанесенными показателями НП загрязнения [Петрушенко и др., 2013; 2014]

Основным признаком нефтепродуктового загрязнения грунтов по данным статического зондирования можно считать незначительное отклонение кривой сопротивления грунтов под конусом в сторону меньших значений (рис. 1-2). Причинами тому могут являться как минимум два фактора. Во-первых – увеличение влажности грунтов, вследствие их смачивания НП. Оно приводит к повышению, так называемой, «податливости» зондированию. Второй момент, который можно предположить – это своеобразное «смазывание» конуса

нефтепродуктами, что обеспечивает дополнительное скольжение между частичками грунта.

Таблица – Индикаторы нефтепродуктового загрязнения

Индикаторы	Грунты	
	Загрязненные НП	Чистые
Физико-механические		
Плотность	~ 1-2%	
Пористость	Суглинок	до ~ 10%
	Супесь	± 0 %
	Песок	до ~10%
Пластичность *	до ~ 10 %	
Модуль осадки ($W_{est} < 25\%$, $P = 0,4$ МПа) *	до ~ 35%	
Удельное сцепление *		до ~30%
Набухаемость *		до ~ 50 %
Электрические и электро-химические		
Удельное электрическое сопротивление *		до ~ 60 %
pH среды (для мелких песков)		± 0 %
Дистанционные		
Индекс вегетации (NDVI)		~30%
Температура поверхности (по тепловизионным космоснимкам)	~10%	

■ – характерно относительно повышенное значение (цифры белым шрифтом указывают порядок превышения в процентах при загрязнении >5 ПДК)

* – для глинистых грунтов

Литература

Бракоренко, Н. Н. Влияние нефтепродуктов на петрографический состав и физико-механические свойства песчано-глинистых грунтов / Н. Н. Бракоренко, Т. Я. Емельянова // Вестник Томского государственного университета. 2011. №342. С. 197-200.

Бракоренко, Н. Н. Влияние нефтепродуктов на грунты и подземные воды территорий автозаправочных станций / Н. Н. Бракоренко // Автореферат на соис. уч. степ. канд. дис. / Томский государственный университет. 2013. 20 с.

Петрушенко, Ю. Т. Устройство станции автоматического налива светлых нефтепродуктов на нефтебазе РУП «Белоруснефть-Могилевоблнефтепродукт» ст. Буйничи Могилевского района / Ю. Т. Петрушенко, И. И. Лушко // Техническое заключение РУП ПО «Белоруснефть», филиал «Белоруснефть-Нефтехимпроект» о результатах инженерно-геологических изысканий. 2014. 34 с.

Петрушенко, Ю. Т., Реконструкция АЗС № 33 по ул. Козлова в г. Жлобине / Ю. Т. Петрушенко, Я. Е. Мицкевич // Техническое заключение РУП ПО «Белоруснефть» филиал «Белоруснефть-Нефтехимпроект» о результатах инженерно-геологических изысканий. 2013. С. 27 с.

Петрушенко, Ю. Т. Устройство станции автоматического налива светлых нефтепродуктов на нефтебазе РУП «Белоруснефть-Могилевоблнефтепродукт» ст. Буйничи Могилевского района / Ю. Т. Петрушенко, Е. В. Трофимова // Отчёт РУП ПО «Белоруснефть» филиал «Белоруснефть-Нефтехимпроект» о результатах экологических изысканий с оценкой загрязнения почвогрунтов и подземных вод нефтепродуктами для объекта. 2014. 24 с.

УДК 550.8.05

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГАЗОПРОВОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КРИЧЕВ)

Е. С. Синкевич, Н. Т. Мамедова
ПРУП «Белгипрогаз», Минск, Беларусь

В ходе проектирования трасс газопроводов анализу подлежат: инженерно-геологические и гидрогеологические условия, физико-механические свойства грунтов, химический анализ воды и коррозионная агрессивность воды и грунта к бетону.

Геологические изыскания. В тектоническом отношении территория г. Кричев приурочена к южной части Оршанской впадины. Глубина кристаллического фундамента составляет около 1,0 км. Кристаллический фундамент перекрывают породы ратайчицкой и лиозненской свит вендской системы, породы эмского, эйфельского, живетского ярусов, ланского, саргаевско-семилукского горизонтов девонской системы. Выше залегают породы сеноманского и туронского горизонтов меловой системы. В окрестностях города эти породы встречаются у дневной поверхности в виде отторженцев. Толща четвертичных отложений в пределах города имеет мощность от 10 до 60 м. В ее составе преобладают моренные и флювиогляциальные отложения сожского времени. В северо- и юго-восточной частях города встречены лессовидные отложения. Широко распространены поозерские и голоценовые аллювиальные осадки. Также встречаются болотные отложения, заполняющие понижения рельефа.

В геоморфологическом отношении участок находится в долине реки Сож. Ширина долины р. Сож в городе и районе составляет 1,5-3,0 км. Река обладает широкой поймой, распространены старичные водоемы. К числу притоков р. Сож, проходящих через город, относятся реки Кричевка, Свинка, Околица и др. В центральной части города расположено озеро Молодежное, образованное путем затопления мелового карьера, с максимальной глубиной 57 м.

Неблагоприятные геологические процессы на территории города – карст, суффозия, крип, линейная эрозия, денудация.

Грунты и их физико-механические свойства. После строительства Кричевского цементно-шиферного завода в 1933 г. отмечился резкий рост интенсивности градостроения. При строительстве различных зданий и сооружений, дорог, при прокладке инженерных коммуникаций поверхность города оказалась частично спланирована насыпными грунтами. Как известно, насыпные грунты образуются путем отсыпки природных грунтов, минеральных отходов промышленных производств, твердых бытовых отходов, и вследствие этого они неоднородны по составу, обладают неравномерной сжимаемостью. В таких грунтах могут быть встречены примеси органических веществ и включения строительного или бытового мусора. В качестве естественного

основания насыпной грунт не рекомендуется использовать без детальных инженерно-геологических исследований по специальной программе, позволяющей в дополнение к общим требованиям на изыскания, установить еще ряд их особенностей и свойств. К ним относятся: способ отсыпки, состав, однородность сложения, давность отсыпки, физико-механические характеристики, изменчивость сжимаемости, толщину слоя и изменение ее на застраиваемом участке и т.п. Возможны также варианты преобразования строительных свойств грунта, конструктивных мероприятий, снижающих нагрузку и предотвращающих неравномерные осадки.

Так как город расположен в долине реки, закономерно наличие в разрезах биогенных грунтов, в том числе торфа. В природном залегании торф отличается сложным составом и структурой, чередованием прослоев различной толщины. Торфяной грунт обладает таким интересным свойством, как анизотропия. В связи с этим коэффициент фильтрации воды в нем в вертикальном направлении значительно меньше, чем в горизонтальном. Биогенные грунты, в целом, относятся к группе слабых грунтов ввиду их специфических характеристик: очень высокой пористости и влажности, большой влагоемкости, а также низкой плотности и незначительная прочности и, как следствие, сильной сжимаемости, значительной и медленно-затухающей деформируемости. Из сказанного понятно, что в качестве основания для зданий, сооружений и трасс газопроводов биогенные грунты использовать также не рекомендуется без инженерной подготовки.

Непредсказуемые случаи могут возникнуть при проходке газопровода через долину Сожа. Дело в том, что в русловом аллювии (базальный горизонт) могут быть встречены валуны (размером 10-20 см и более), что может создать аварийную ситуацию.

В северо- и юго-восточной частях города встречаются лессовидные отложения. Особенность лессовидных грунтов состоит в том, что кроме пор, присущих всем грунтам и зависящих от их гранулометрического состава, имеются поры в виде вертикальных трубок диаметром 0,2-2 мм. Они образовались в результате выщелачивания солей или же представляют собой каналы по ходам бывших корней растений, то есть обладают макропористой структурой с большим (до 44-54 %) объемом пустот. Вследствие такого строения грунтового скелета макропористые лессовидные грунты при замачивании водой обладают под влиянием нагрузки от сооружения просадочными свойствами. Следовательно, такие грунты являются неустойчивыми. Для лёссовидных грунтов также характерно легкое размокание, размываемость, тиксотропные свойства и пучинистость при промерзании. Они могут служить фундаментом для зданий и сооружений только после проведения некоторых строительных мероприятий, Требуют надлежащей защиты от увлажнения.

Меловые породы сеноманского и туронского горизонтов меловой системы, залегающих близко к поверхности, имеет свою специфику. Кровля толщи мергельно-меловых отложений весьма неровная, со следами эрозии, карстовых воронок, незакономерных выступов и углублений. Мергельно-меловые породы,

в основном, состоят из двух компонентов – карбоната кальция и глинистого материала. Зная один из них, другой определяется по разности. Содержание карбонатов (CaCO_3) в мергелях колеблется в пределах 55,30-67,70 %, в меловой породе – 81,80-100 %. Чем больше карбонатов, тем больше влажность, меньше плотность и, соответственно, меньшая прочность, и большая степень деформируемости грунта. Под действием воды такие грунты способны размягчаться, приобретать тиксотропные свойства, т. е. переходить в текучее состояние.

Гидрогеологические условия. Территория города Кричева характеризуется высоким уровнем грунтовых вод, тесно связанным с речной системой. Водовмещающими отложениями служат аллювиальные, болотные пески мелкие, средние, крупные, а также заторфованные грунты. На некоторых участках, где близко к поверхности залегают глинистые грунты, может формироваться верховодка, уровень которой подвержен резким сезонным колебаниям и находится в прямой зависимости от количества и интенсивности выпадения осадков и процесса снеготаяния, утечек канализации и т.д. При прокладке газопроводов в водонасыщенных грунтах необходимо предусматривать пригрузку газопроводов, предотвращающую всплытие газопровода. Сами строительные работы рекомендуется производить в сухой период года.

В процессе строительства и эксплуатации газопроводов иногда может возникнуть разрушение несущих опор, связанное с разрушающим влиянием агрессивных подземных вод. Агрессивность подземных вод формируется из-за наличия в подземных водах элементов определенного химического состава, усиливающих растворение и выщелачивание структурных составляющих конструкций. На агрессивность воды немалое влияние оказывают температура, скорость фильтрации водного раствора у поверхности конструкции. Опасность разрушения конструкции возникает в грунтах при скорости фильтрации с коэффициентом равным или более 0,1 м/сут.

Таким образом, при принятии ответственных проектных решений следует учитывать результаты инженерно-геологических изысканий. Только качественное выполнение инженерно-геологических изысканий при проектировании газопровода позволяет определить и учесть осложняющие факторы при его строительстве.

УДК 552.5:550.422:546.7

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРЕССИВНЫХ ВОД НА ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Д. Л. Творонович-Севрук

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Агрессивные воды оказывают неблагоприятное воздействие на инженерные сооружения, которое выражается в коррозии и даже растворении железобетонных свай, трубопроводов, подземных сооружений фундаментов и прочих сооружений. Наиболее отчётливо неблагоприятное взаимодействие данного фактора проявляется при контакте железобетонных конструкций с речными водами.

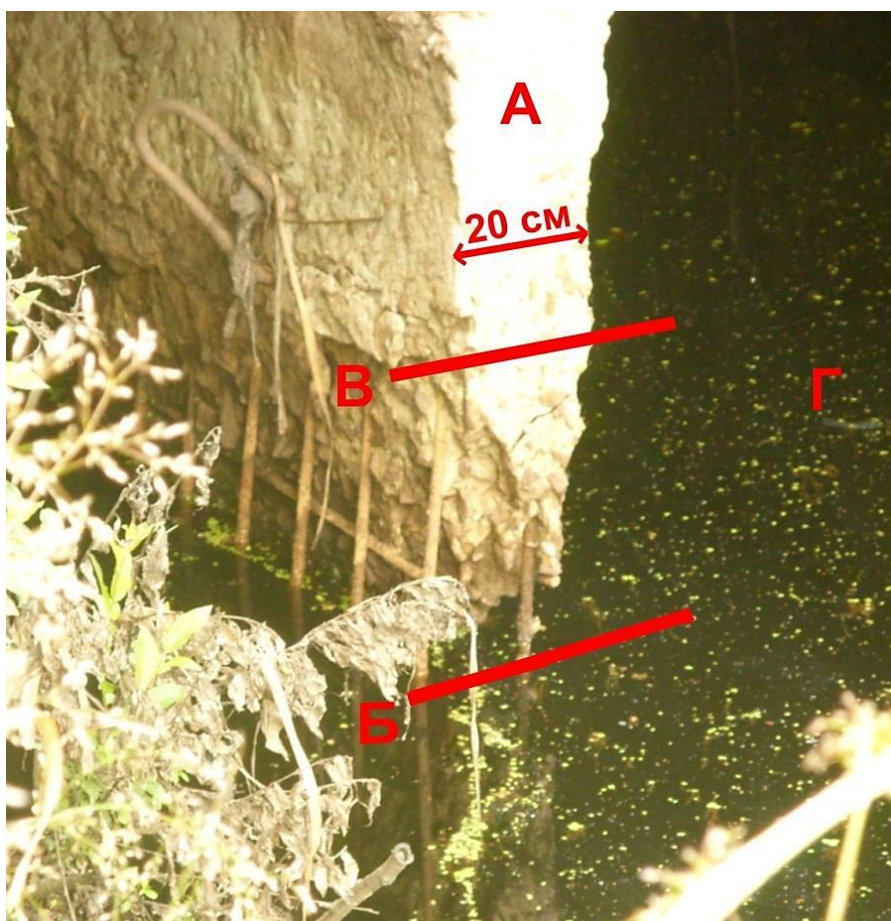
Хорошим примером данного негативного явления является территория геохимического стационара «агрогородок Дараганово» Осиповичского района Могилёвской области, где протекают река Птичь и её левый приток малая река Млынок, протяжённостью более 10 км. Ширина русла указанного водотока достигает 2 м, а глубина – более 1,5 м. Ручьи, реки и каналы, впадающие в р. Птичь, спрямлены и канализованы. Протяжённость каналов достигает 2,5-3 км/км² водосбора. Бассейн реки Млынок охватывает преимущественно территорию близлежащих болотных массивов, суммарной площадью более 20 км². Более 1/3 водосбора заболочено. Данный водоток протекает вне населённых пунктов рассматриваемого стационара.

При проведении полевых геохимических исследований в пределах речных долин данного стационара было установлено полное растворение бетонной составляющей железобетонных опор автомобильного моста через р. Млынок, расположенного 240 м северо-восточнее железнодорожного моста направления Осиповичи-Солигорск в д. Дараганово.

Инженерные сооружения, располагающиеся на территории водосбора р. Птичь в пределах данного стационара, по данным визуального осмотра и макроскопических исследований, не подвержены разрушению под воздействием речных вод, тогда как железобетонные конструкции в пределах русла р. Млынок имеют выраженные признаки воздействия агрессивных вод, проявляющиеся в уменьшении доли и отсутствии бетонной составляющей в железобетонных конструкциях (устой моста толщиной 0,2 м, протяжённостью 5 м) и значительном окислении арматуры ниже уровня речной воды (более 1/3 диаметра).

Данное явление оказывает неблагоприятное влияние на развитие и функционирование объектов хозяйства в пределах д. Дараганово, выраженное в резком снижении несущей и пропускной способности автомобильного моста, разрушении гидротехнических сооружений, располагающихся в русле рассматриваемой реки. Опоры моста через р. Млынок, построенного в 1970-х гг. прошлого столетия за время эксплуатации (40 лет) по состоянию на 2010-2012 гг. пришли в полную негодность и к 2013 г. были реконструированы.

Обращает на себя внимание тот факт, что растворению подвержен бетон устоев (А, рисунок), как ниже минимального (Б, рисунок) так и на наибольшем уровне (В, рисунок) вод р. Млынок (Г, рисунок), соответствующем паводку. Под непосредственным воздействием агрессивных вод находятся ещё 2 моста – 1 автомобильный трассы Н11202 Осиповичи-Дараганово и упомянутый железнодорожный (реконструирован в конце 2000-х).



А – железобетонные конструкции моста, Б – минимальный уровень воды,
В – максимальный уровень воды, Г – речная вода

Рисунок. Растворение железобетонных устоев моста через р. Млынок в 240 м северо-восточнее железнодорожного моста д. Дараганово (фото автора)

Для недопущения развития неблагоприятных последствий в народном хозяйстве, подобных указанному выше, необходимо налаживание мониторинга состояния железобетонных конструкций, располагающихся ниже уровня грунтовых вод и уровня воды в русле рек.

УДК 550.4(075.8)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н. К. Чертко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В природных условиях Земли закономерны два ведущих процесса: создание и разрушение вещества в ходе большого геологического и малого биологического круговоротов химических элементов с целью создания устойчивых соединений и систем. Однако многочисленные внутренние и внешние факторы Земли постоянно нарушают создаваемое равновесие и устойчивость систем. Происходит постоянная водная, воздушная, биогенная и механическая миграция, концентрация или рассеяние химических элементов или их оксидных форм. Их можно разделить на нейтральные, токсичные и агрессивные.

При проведении геологических изысканий под строительство особое внимание уделяется агрессивным соединениям, которые в ходе химических реакций со строительным материалом разрушают (растворяют) его или кристаллизуют новые минералы, а также механическому перемещению массы материала под влиянием оползней или тектонических подвижек в отдельных районах Земли. Следует также учитывать окислительное и агрессивное воздействие воздушной среды на внешние строительные сооружения.

Для Беларуси тектонические подвижки исключаются. Механические подвижки (оползни) возможны в районах залегания песков-пльвунов или в пределах всхолмленных районов с лессовидными суглинками особенно в г. Минске, в пределах Могилевской области, Мозыря, Новогрудка. Здесь необходимо предусмотреть при строительстве создание бетонных преград.

Менее предсказуема миграция агрессивной подземной водной среды, что требует использования дополнительных работ по защите от разрушения подземной части сооружений. Природные растения для этих целей используют синтезируемые ими воски и смолы. В настоящее время в практике строительных организаций используются синтетические и иные добавки в бетон для придания ему устойчивости. Для изготовления монолитных железобетонных конструкций необходим особо быстротвердеющий бетон, для дорог – цемент с повышенной морозостойкостью, малой истираемостью и незначительной усадкой и т. д. При добавлении поверхностно активных веществ получают пластифицированный и гидрофобный цементы. В настоящее время разработано много разновидностей цемента с различными свойствами и прочностью. Однако и они со временем подвергаются деформации. Для правильного использования того или иного вида цемента необходимо знать виды химической агрессивности среды.

Различают пять видов агрессивности воды: углекислая и углекислотная (при содержании $\text{CO}_2 \geq 15 \text{ мг/дм}^3$), выщелачивающая ($\text{HCO}_3 \leq 2 \text{ мг-экв/дм}^3$, или

до 157 мг/дм³), общекислотная ($\text{pH} \leq 5$ в глинах и ≤ 7 в песках), сульфатная ($\text{SO}_4 \geq 300$ мг/дм³), магниальная ($\text{Mg} \geq 500$ мг/дм³). При проведении изысканий следует указывать вид агрессивности воды. Для Беларуси характерна общекислотная агрессивность вод на верховых и переходных болотах [Чертко, 2011].

В состав цементного камня, как главной составляющей бетона, входят соединения, обладающие реакционной способностью. Они не инертны к природной среде и подвергаются коррозии в результате агрессивности среды, которая включает химические, силовые, электромагнитные, радиационные, биологические, климатические (температура, осадки, ветер, солнечная радиация) и иные воздействия. Рассмотрим более детально химическую агрессивность (коррозию).

Химические процессы, приводящие к коррозии цементного сырья, можно свести к трем основным направлениям:

- растворению цементного материала;
- реакции обмена и образование рыхлой массы;
- накоплению в цементной массе солей и созданию внутреннего напряжения.

Все коррозионные процессы протекают в направлении образования конечных продуктов соответствующих исходному сырью. В этом круговороте мы наблюдаем завершение термодинамического цикла, включающего в себя создание вяжущих веществ за счет избыточной внешней энергии, получение цементного сырья путем понижения термодинамического потенциала, разрушение цементного камня с получением термодинамически устойчивых конечных продуктов [Шмитько и др., 2006].

Углекислая и углекислотная агрессивность взаимосвязаны между собой и она вызвана содержанием CO_2 и H_2CO_3 . В воздушной влажной среде протекает процесс с участием углекислого газа: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

В водной среде при наличии высокого содержания углекислого газа и угольной кислоты дополняется углекислотная коррозия, которая приводит к образованию растворимого и вымываемого из цементного камня кислого углекислого кальция: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Возможны химические реакции взаимодействия минералов портландцементного клинкера с CO_2 с образованием нерастворимого CaCO_3 , гипса – при разложении этtringита, рыхлых масс гидроксидов кремнезема и алюминия – при разложении гидросиликатов и гидроалюминатов кальция. Если в воде содержатся в растворенном виде сульфаты натрия и калия, то они будут ускорять реакцию карбонизации и углекислотная коррозия усилится. Практически для всех бетонных и железобетонных конструкций в атмосферном воздухе возможны реакции с образованием нерастворимого CaCO_3 . Для превращения его в растворимый кислый углекислый кальций необходима высокая концентрация углекислого газа. Поэтому карбонизация обычно протекает в поверхностном слое конструкции толщиной 2-4 мм. Этот слой уплотняется и становится менее проницаемым для воды и воздуха. Если данный вид коррозии протекает совместно с коррозией выщелачивания, то

толщина карбонизированного слоя может достигать нескольких десятков миллиметров, что вызывает снижение стойкости арматурной стали в бетоне. При содержании CO_2 менее 15 мг/дм^3 вода считается неопасной при любом содержании HCO_3^- и Ca^{2+} . Для предотвращения углекислой и углекислотной коррозии необходимо применять специальные защитные средства.

Выщелачивающая агрессивность воды протекает при эксплуатации бетонных изделий в условиях омывания их мягкой водой с постепенным растворением в цементном камне кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (портландита). В результате процесса (коррозии) выщелачивания и выноса растворенного вещества нарушается химическое равновесие между поровой жидкостью и основными составляющими цементного камня, которые подвергаются гидролизу, что приводит к ослаблению и разрушению цементного камня.

В начале процесса, после вымывания определенного количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$, его концентрация в фильтрующейся через бетон жидкости понижается до $1,1 \text{ г/дм}^3$, в расчете на CaO . При этих условиях в цементном камне начинается разложение $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с выделением гидроксида кальция. Если концентрация становится равной $1,08 \text{ г/дм}^3$, разлагается высокоосновной гидроалюминат кальция $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$. При падении концентрации CaO до $0,56 \text{ г/дм}^3$ и ниже происходит разложение более устойчивых соединений (гидроферрит и др.) в цементе. Наиболее устойчивы к выщелачивающей агрессивности низкоосновные гидросиликаты кальция, разложение которых начинается при концентрации CaO менее $0,06\text{--}0,08 \text{ г/дм}^3$. При длительном воздействии проточных мягких вод возможно полное вымывание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из цементного камня с разложением других гидратных соединений до аморфных, рыхлых гидратов глинозема, кремнезема и оксидов железа. Внешние признаки воздействия выщелачивающей агрессивности – появление на поверхности белого известкового налета с возможным образованием наростов типа природных сталактитов.

Общекислотная (кислотная) агрессивность воды отрицательно проявляется при $\text{pH} < 6$. Высокая концентрация ионов водорода может создаваться за счет притока или образования 1 % растворов соляной, серной, азотной кислот, 5 % растворов фосфорной кислоты и любых растворов органических (более распространенной фульвокислоты) кислот.

Действие кислоты сводится к реакции с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, гидросиликатами кальция и другими соединениями. Образуются легко растворимые соли, которые вымываются из бетона:



Образующиеся нерастворимые соединения оксида, гидроксида кремния, алюминия и железа остаются в бетоне как рыхлая масса. Гидроалюминаты кальция, особенно низкоосновные, наименее стойки к действию кислот и для увеличения стойкости цементного камня следует ограничить в цементе содержание алюминатов кальция до 5 %.

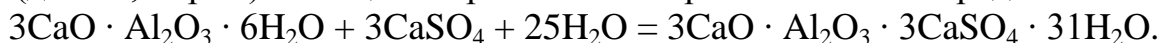
Наиболее агрессивны высокомолекулярные органические кислоты (почвенные и болотные фульвокислоты, в производственных помещениях стеариновая и олеиновая). Из низкомолекулярных кислот в производственных

помещениях весьма агрессивны молочная, уксусная, масляная, винная. В качестве вяжущего для полов таких помещений следует использовать кислотоупорный кварцевый цемент: смесь тонкоизмельченного кварцевого песка, кремнефтористого натрия с водным раствором силиката натрия или калия (жидкое стекло). При отверждении эта смесь постепенно превращается в прочный камень (30-40 МПа). В слабощелочной среде этот цемент не следует использовать.

Кислые газы атмосферы также агрессивны по отношению к цементному камню и бетону. Наиболее агрессивен сероводород, а наиболее распространен углекислый газ.

Среди изолирующих материалов для бетонных и железобетонных конструкций можно использовать мастики, полимерные и керамические покрытия, металлическую фольгу и др.

Сульфатная и сульфоалюминатная агрессивность цементного камня возникает под действием вод обогатенных сернокислыми соединениями CaSO_4 , Na_2SO_4 , MgSO_4 . При этом виде коррозии в ходе реакций образуются новые соединения, которые увеличивают объем исходной твердой фазы. Ее называют коррозией кристаллизации. Образуется минерал этtringит – высокосульфатная форма гидросульфоалюмината кальция, называемого «цементной бациллой», двухкальциевый гидроалюмосиликат как конкурент этtringита. Они создают трещины и бетон разрушается. Чаще всего действие сульфатов проявляется при эксплуатации бетонных конструкций в морской воде (дамбы, пирсы). Реакцию образования этtringита можно представить как:



Присутствие в морской воде хлоридов (NaCl) уменьшает отрицательное действие сульфат-ионов, однако образуются растворимые формы минералов, которые вымываются. Разрушителем цементного камня может быть двуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Магнезиальная и сульфомагнезиальная агрессивность воды выражена при содержании в воде растворимой формы сульфата или хлорида магния. Сульфат магния более агрессивен, так как в MgSO_4 агрессивен не только катион магния, но и анион сульфат. Этот вид агрессивности характерен для морской воды.

Изучение наиболее характерных видов коррозии показывает, что практически все они связаны с содержанием в цементном камне гидратной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В связи с этим коррозионная стойкость сырья должна быть направлена на снижение гидратной извести. Это может быть изменение минералогического состава цементного клинкера, введение в состав бетона добавок, содержащих активный кремнезем, полимеры, правильное сочетание вяжущих веществ в составе растворов и бетонов.

Литература

Чертко, Н. К. Геохимия ландшафта / Н. К. Чертко. Минск: БГУ, 2011. 303 с.

Шмитько, Е. И. Химия цемента и вяжущих веществ / Е. И. Шмитько, А. В. Крылова, В. В. Шаталова. СПб: Проспект науки, 2006. 206 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Балашов К. Ю., Колошич С. М.</i> Проявления экзогеодинамических процессов в отработанных меловых карьерах.....	3
<i>Губин В. Н., Санько А. Ф.</i> Дистанционное зондирование Земли из космоса: инновации в инженерной геологии.....	7
<i>Дубман А. В., Санько А. Ф., Губин В. Н., Ковалева А. Ф.</i> Геоэкологическое обоснование для проектирования подводящих и магистральных газопроводов (предпроектный этап).....	11
<i>Ковалев А. А., Кононович С. И.</i> Современные приборы и компьютерные системы сбора пространственной информации.....	13
<i>Кузьмин В. Н., Зуй В. И., Павлюченко А. М.</i> О возможности применения беспилотных летательных аппаратов в теплоразведке.....	15
<i>Пашкевич Д. А.</i> Индикационные параметры нефтезагрязненных грунтов.....	18
<i>Синкевич Е. С., Мамедова Н. Т.</i> Инженерно-геологические изыскания при проектировании газопроводов (на примере территории города Кричев).....	22
<i>Творонович-Севрук Д. Л.</i> Воздействие агрессивных вод на инженерные сооружения.....	25
<i>Чертко Н. К.</i> Геохимические проблемы при проведении геологических изысканий и строительстве.....	27

Научное издание
**ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

МАТЕРИАЛЫ
научно-практического семинара
Минск, 10 декабря 2014 г.

Компьютерная верстка А. Ф. Санько

Ответственный за выпуск А. В. Дубман

Фото на обложке взято с сайта www.sibnefteprovod.ru

Подписано в печать 01.12.2014. Формат 60 × 84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Усл.-печ. л. 3,84. Уч.-изд. л. 1,62. Тираж 30 экз.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
на копировально-множительной технике
Белорусского государственного института
по проектированию систем и объектов газоснабжения
(ПРУП «Белгипрогаз»),
Минск, Домашевский пер. 11-А