© В.А. Козлов, А.И. Большаков, 2006

УДК 622.271

В.А. Козлов, А.И. Большаков

ОТ ТЕХНОСФЕРЫ К НООСФЕРЕ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАНЫХ УЧАСТКАХ ХАРАНОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Семинар № 8

При формировании внутренних отвалов породы вскрыши размещаются в выработанном пространстве разреза Харанорский. Под отвалами на почве отработанных пластов иногда происходит образование воронок, траншей скола, трещин отрыва, оползневые призмы. Это сдвижение происходит после накапливания породных масс при высоте отвалов более 10-15 метров. Нами предложена новая безопасная технология формирования внутренних отвалов с выполнением следующих условий:

1. Для улучшения проветривания карьера принимается руководящий угол формирования внутренних отвалов не превышающий 28 градусов;

2. Принимается складирование пород слоями мощностью не более 10 м. Отсыпка отвала производится слоями по горизонтам снизу вверх, с оставлением бермы безопасности равной 1,5 кратной высоте слоя;

3. Отсыпка слоев начинается со стороны отработанного пространства карьера, а не со стороны борта карьера, как практиковалось на разрезе;

4. Первоначально формируется отвал шириною 10-30 м, из условий наименьшего радиуса поворота автосамосвала который составляет 16 м. Угол отсыпки пород в сторону выработанного пространства карьера не должен превышать 45º;

5. Первые, нижние слои отвалов горизонтов 640 м, 650 м, 660 м, 670 м должны иметь высоту не более 10 м;

6. Дальнейшие слои принимаются из условий устойчивости пород вскрыши, критическая мощность слоя достигает 20 м, поэтому мы приняли высоту слоя отвала не более 15 м, в этом случае создаются слои отвала со следующими отметками: 685 м, 700 м, 715 м, 730 м, 745 м;

7. На горизонтах отвала 660 м, 685 м, 715 м предусматривается создание автодорожных проездов. С этой целью ширина площадки для формирования, следующего вышележащего слоя принимается равной 35-40 м;

8. На всех бровках уступов, необходимо создавать лесозащитные полосы по всей длине, с юга на север, шириною 10–15 м.

Выполнение предлагаемой технологии формирования внутренних отвалов позволит создать спланированную площадь под пашню - 220 га.

К I категории вполне пригодные для произрастания лесонасаждений принимаются слои и породы, содержащие не более 1 % гумуса, азот, фосфор, калий, при реакции pH нейтральной, слабокислой или слабощелочная и имеющие комковую структуру. Водопроницаемость, влагоемкость, гидрофильность должны быть благоприятные для развития растений. Такие породы чаще относят к суглинистым. Биологическая активность создаваемой почвы обеспечивает хорошее развитие растений.

Ко II категории потенциально-пригодных относятся породы, которые не содержат вредных солей, имеют благопри-

ятные агрофизические и агрохимические свойства, но содержание гумуса, менее 1 %. Это, например, покровные суглинки. На таких почвах можно выращивать травы, сельскохозяйственные и лесные культуры. При дополнительном внесении минеральных и органических удобрений, обработанных гуматом, возможно получать такие же урожаи, как и на зональных почвах.

Мощность верхнего благородного слоя, в образованных почвах, должна составлять 25-35 см под сельскохозяйственные и лесные культуры.

К III (малопригодной) и IV (непригодной) категориям относят породы без содержания органических веществ, бедные азотом, фосфором и калием. Но на песке с содержанием глинистых включений можно разводить лесные культуры, например хвойные - сосна, лиственница, кустарниковые - ольху, черную и серую, являющимися накопителями азота, акацию, облепиху, боярышник, хорошо приживающихся в условиях Забайкалья.

К IV категории относят глины юрского, девонского возрастов, тяжелого механического состава, содержащие сульфиды, хлориды и другие соли. К IV категории относят скальные и полускальные породы, а также гальку, щебень. Они могут использоваться для заполнения выработанного пространства, при условии перекрытия их породами III и II категории, мощностью 1,5-3 м.

Поэтому нами рекомендуется, применительно к условиям нарушаемых земель Харанорского месторождения, проводить биологическую рекультивацию, основанную на создании нового растительного слоя. Растительный слой, имеющийся на карьерном поле № 3, в летний период можно собирать бульдозерами и вывозить на поверхность, прилегающую к Кукульбейскому участку. Штабели плодородного слоя необходимо формировать шириною 40-50 м, длиною 80-100 м и высотою 4-5 м. В формируемые штабели породы целесообразно вносить азотные удобрения в виде аммиачной воды, а также внести фосфорно-калиевые удобрения.

После отсыпки северной части формируемого отвала горизонта +745 м шириною 150-200 м с запада на восток необходимо проводить работы в следующей последовательности:

1. Выравнивание поверхности с приданием уклона в западном направлении 1-3°.

2. На выровненную поверхность нанести подготовленный растительный грунт слоем 5-10 см в марте – мае месяцах..

3. Далее необходимо проводить отработку тяжелыми дисковыми боронами перекрестно на 2 ряда, в период апреля, начале мая.

4. В середине мая произвести посев трав в составе овса, люцерны сорта «Забайкалка», донника «Сретенский» Норма высева травяных культур должна быть увеличена на 20-40 %. .

5. Для орошения посевов целесообразно проложить 2-3 става трубопроводов диаметром 50-70 мм, а через 5-8 м перпендикулярно проложить трубы диаметром (12-18 мм). На трубах установить стояки высотою 1,0 - 1,5 м, которые оборудовать форсунками - распылителями, с постоянными или прерывистыми струйками.

6. Осенью и в августе месяце провести скашивание всех всходов и демонтировать трубопроводы.

7. Поле целесообразно не обрабатывать осенью, чтобы оставить стерню для задерживания снега накопления влаги и предотвращения выдувания создаваемого растительного слоя.

8. На второй и последующие 3-4 года также проводить работы по дальнейшему формированию растительного слоя.

Ежегодно весною проводить внесение органических и минеральных удобрений, затем обработку тяжелыми дисковыми боронами БДТ-2,2 перекрестным способом. Посев трав и прикатывание земли наливными катками. Осенью проводить работы по скашиванию и уборке сена.

В третий год, весною, после внесения удобрений, почву уже можно обрабатывать дисковыми лущильниками. Посевные и уборочные работы проводить по принятой сельскохозяйственной технологии.

За 3-4 года интенсивной технологии, по восстановлению пахотных земель, возможно, создать растительный слой мощностью 8-12 см. Только после его создания создаются условия для проведения весновспашки. Но глубину пахотного слоя в первый год возможно принять 10-12 см и продолжать высев трав еще 2-3 года и постепенно углубляя глубины весновспашки на 2-3 см. После создания растительного слоя на глубины 16-18 см мы получим возможность посева зерновых культур, как например пшеницу, рожь.

В дальнейшем можем переходить и к зерновой и к травопольной системе с 5-6 годичным периодом.

Коротко об авторах

Козлов В.А., Большаков А.И. – ЧитГУ.

© В.А. Хямяляйнен, В.В. Иванов, Е.В. Гурский, Я.С. Долганова, Е.А. Беляков, 2006

УДК 622.257.1

В.А. Хямяляйнен, В.В. Иванов, Е.В. Гурский, Я.С. Долганова, Е.А. Беляков

ПРОБЛЕМЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС ВОКРУГ ВОДОУПОРНЫХ ПЕРЕМЫЧЕК ПРИ ЛИКВИДАЦИИ И КОНСЕРВАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Семинар № 8

В настоящее время происходит углубление горных работ, отработаны легкодоступные месторождения, идет консервация и ликвидация нерентабельных шахт. Консервация и ликвидация угольных шахт идет, как правило, путем их затопления. Это приводит к повышению уровня подземных вод, загрязнению чистых водоносных горизонтов и, в целом, к ухудшению экологической обстановки в угольных регионах. Кроме того, в России более 20000 *м* участков выработок находятся в затопленном состоянии только вследствие аварий на шахтах. В России 189 угольных шахт и разрезов. В Кузбассе ликвидируются 43 шахты, их них 13 с затоплением, 15 частично с погружными насо-

сами, 15 частично затоплены с притоком на рабочие поля шахт.

Весьма перспективной является «сухая» консервация угольной шахты, когда осуществляется дренирование подземных вод в ствол и последующая их откачка в очистные сооружения на поверхности. Однако, применение традиционной технологии дренирования и сбора воды приводит к значительным размерам депрессионной воронки и большим водопритокам, что в свою очередь требует создания подземных водосборников увеличенного размера и значительных затрат на водоотлив. Отсутствие регулирования дренирования подземных вод приводит, например, к увеличению притока воды во время паводка более чем в два раза.

Представляется целесообразным рассмотреть возможность регулирования притока воды в вертикальную выработку путем сооружения вокруг ствола тампонажно-дренажной завесы и возведения водоупорных перемычек в сопряжениях с горизонтальными выра-ботками для создания подпора подземных вод и регулирования перепуска воды через дренажные и водоспускные скважины. При этом особую актуальность приобретают вопросы обоснования параметров технологии тампонажа, возведения водоупорных перемычек и сооружения водоспускных скважин, учитывающих специфику сопряжения вертикальной выработки с горизонтом. Существующие технологические схемы возведения водоупорных перемычек с предварительной инъекционной подготовкой массива не могут быть использованы, так как разработаны для протяженных горизонталь-

Разработана принципиальная технологическая схема изоляции выработок от затопления. Предлагаемая комбинированная технологическая схема (рис.1) включает в себя создание противо-фильтрационной тампонажной завесы вокруг ствола по его длине, возведение в сопряжениях ствола с другими горизонтами предохранительных водоупорных перемычек с предварительной инъекционной подготовкой массива горных пород, сооружение дренажных (водоспускных) скважин из ствола до пересечения с вышерасположенными затопленными выработками. При этом водоспускные скважины позволяют регулировать размеры депрессионной воронки, напор подземных вод и приток воды в водосборник. Это в свою очередь позволяет регулировать систему водоотлива. Причем появляется возможность регулирования водоотлива в экстремальных ситуациях (например, во время паводка).

Основными параметрами технологии тампонажа являются давление нагнетания раствора, его расход в скважину, радиус распространения, время нагнетания, плотность заполнения трещин и пустот тампонажным камнем. За основу при численных расчетах взята модель нестационарной фильтрации тампонажного раствора в неоднородных средах, разработанная в КузГТУ на основе линейной теории фильтрации. При этом процессе исследований особое внимание уделялось процессам тампонажа в местах сопряжения вертикальной и горизонтальной выработок.

В настоящее время нами разработана теоретическая модель течения стабильного вязкопластичного тампонажного раствора в трещинах большого раскрытия с использованием теории фильтрации с предельным градиентом.

Отдельные результаты расчетов показывают, что даже в крутопадающих трещинах можно управлять процессом распространения тампонажного раствора от скважин, добиваясь его равномерного распространения.

При оценке величины водопритока через массив горных пород вокруг водоупорной перемычки в основу математической фильтрационной модели положены ранее разработанные в КузГТУ фильтрационные модели перетока воды через перемычку, установленную в протяженной горизонтальной выработке, и притока воды в выработку через тампонажно-дренажную завесу.

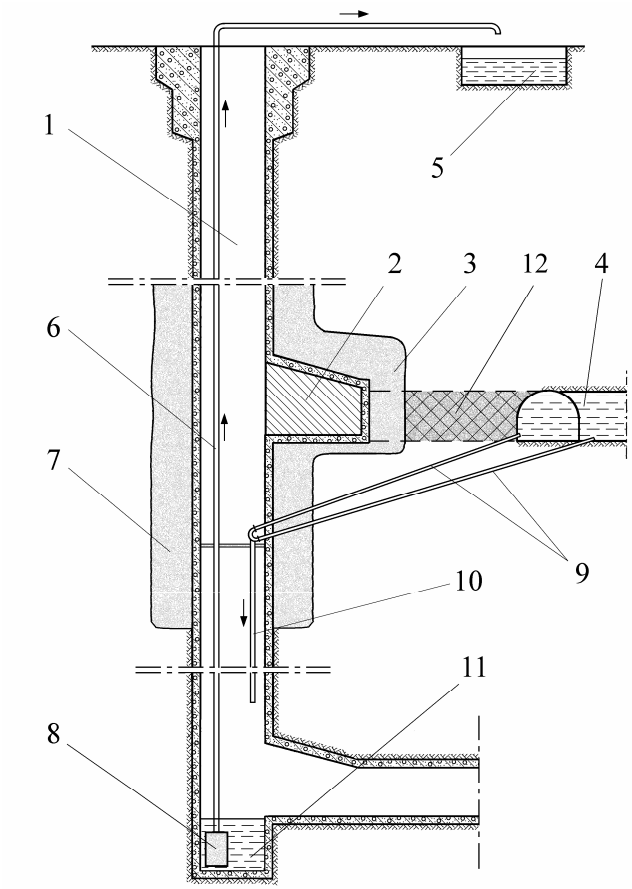

Рис. 1. Принципиальная технологическая схема изоляции выработок горизонта от затопления: 1 – вертикальный ствол; 2 – перемычка в сопряжении вертикального ствола с горизонтом; 3 – противофильтрационная тампонажная завеса вокруг тела перемычки; 4 – изолируемый горизонт; 5 – отстойник; 6 – став труб водоотлива на поверхность; 7 - противофильтрационная тампонажная завеса вокруг ствола; 8 – погружной насос; 9 – водоспускные скважины; 10 – водоспускная труба; 11 – водосборник; 12 – нарушенный предохранительный целик

В соответствии с предложенной технологической схемой изоляции выработки от затопления предложена комбинированная расчетная фильтрационная модель, позволяющая оценить приток воды в ствол через массив вокруг перемычки и по длине ствола. Численное решение поставленной задачи сведено к суперпозиции решений двух вышеотмеченных задач. В отличие от ранее рассмотренной задачи учтено переменное сечение перемычки по длине выработки.

Выполнены расчеты зависимости величины перетока воды вокруг перемычки до и после тампонажа от коэффициента проницаемости естественного массива вблизи контура выработки, от коэффициента проницаемости закрепной тампонажной оболочки и непосредственно крепи, от коэффициента проницаемости тампонажной завесы, от толщины тампонажной завесы.

Выполнены расчеты зависимости величины водопритока по длине ствола до и после тампонажа без наличия и при наличии дренажного слоя. При этом установлено влияние коэффициента проницаемости естественного массива вблизи контура выработки, коэффициента проницаемости дренажного слоя, коэффициента проницаемости и толщины тампонажной завесы.

Отдельно дана оценка величины водопритока непосредственно через дренажные скважины в тампонажной завесе.

Анализ результатов численного счета показывает, что на величину перетока воды через массив вокруг перемычки наличие тампонажной завесы не оказывает су-

щественного влияния вследствие клиновидности перемычки и возможности перетока воды через нарушенный в сопряжении массив за пределами зоны тампонажа. Проницаемость закрепной оболочки (крепи) вокруг перемычки не влияет на величину перетока. Уменьшение влияния толщины тампонажной завесы наблюдается с расстояния 7 м от поверхности перемычки.

Технология возведения водоупорных перемычек с инъекционной подготовкой массива горных пород в условиях сопряжений вертикальных стволов разработана с учетом результатов моделирования течения раствора и воды, полученных при решении вышерассмотренной задачи.

Технологическая схема разработана для широкого круга горнотехнических и горно-геологических условий сооружения вертикальных стволов угольных шахт. Численные значения параметров технологии и конкретизация отдельных моментов получены для условий сопряжений осевого вентиляционного ствола шахты «Байдаевская» с гор.-100,0 м (пласт 30) и гор.-183,95 (пласт 29а).

Возведение водоупорной перемычки осуществляется в три этапа. На первом этапе производится инъекционная подготовка массива горных пород, производится установка анкеров и армирование тела перемычки. Армирование тела перемычки осуществляется продольной арматурой. В первом и последних рядах железобетонных анкеров и по длине перемычки устанавливается металлическая сетка. На 3-м этапе непосредственно возведение перемычки осуществляется четырьмя заходками.

При обосновании и разработке технологии дренирования подземных вод в вертикальный ствол через водоспускные скважины разработаны рекомендации по бурению и оборудованию скважин, цементации их стволов. Выполнен расчет параметров дренажа подземных вод через водоспускные скважины и тампонажную завесу как по длине ствола, так и вокруг водоупорных перемычек. Разработаны схемы водоотлива в главный водосборник и непосредственно на очистные сооружения на поверхности. Выполнен расчет производительности насосов. Все рекомендации по технологии цементирования пород вокруг скважины и дренированию подземных вод осуществляются на основе результатов моделирования течения тампонажных растворов и фильтрации воды, полученных при решении предыдущих задач.

Конструкция водоспускной скважины включает в себя ствол скважины с установленной в нем трубой-кондук-тором и закрепляющими ее металлическими анкерами, тройник, задвижку, запорные вентили, манометр, отводящие и подводящие напорные шланги.

Глубина заделки трубы-кондуктора, рассчитанная по условию среза цементного камня между трубой и породой, составляет 2,67 м. Диаметр анкерного болта для крепления трубы-кондуктора - *20* мм. Нагрузка на буровой станок при внезапном прорыве подземных вод при диаметре скважины 76 мм составляет 6450 Н, отсюда следует целесообразность бурения станком СБГ-1м, усилие подачи которого составляет 645 кН.

Усредненная интенсивность искривления водоспускных скважин в борт выработки составляет 0,15 град/м; в почву – 0,1 град/м. Для уменьшения искривления скважин следует по возможности бурить перпендикулярно наслаиванию пород, с небольшими осевыми нагрузками на буровой станок.

Для предотвращения вероятного гидроудара на буровой станок в момент выбуривания в затопленную выработку целесообразно использовать разработанное запорное устройство (превентор), состоящий из кондукторной трубы, задвижки, переходника и шарового

В отличие от обычного тампонажа после окончания нагнетания производят бурение по несхватившемуся тампонажному раствору.

Максимальные дебиты водоспускных скважин составляют от 170 до 296 *м /ч,* а средняя их пропускная способность изменяется от 88 до 145 $м^3$/ч. Время спуска воды из затопленных выработок составляет 19,7 суток. Максимальный дебит составляет 1536 м /ч, а суммарная средняя пропускная способность всех скважин - 770 м /ч.

Для условий шахты «Байдаевская» откачку воды с гор.-300,0 м в главный водосборник гор.+ 110,0 м следует осуществлять центробежными насосами ЦНС 300х480, а на очистные сооружения - насосами ЦНС 180х900. Время перепуска воды в период нормального водопритока составляет 30,3 сут, а в период максимального водопритока - 32,4 сут.

Сравнение результатов расчета максимальных дебитов водоспускных скважин с данными натурных замеров позволяет сделать вывод о том, что предложенные водоспускные скважины вполне обеспечивают требуемый режим дренирования подземных вод.

Таким образом, результаты выполненных исследований показывают, что тампонаж горных пород весьма эффективное средство при создании противофильтрационных завес вокруг водоупорных перемычек при ликвидации и консервации угольных шахт. Вышеприведенные схемы реализованы на шахте "Байдаевская". Результаты выполненных исследований позволили сделать следующие выводы.

Часто неперспективные и нерентабельные шахты, часть из которых работает на одних пластах с действующими, и их шахтные поля находятся в непосредственной близости друг от друга, подрабатывают одна другую. Их консервация и закрытие связаны с подтоплением и возможностью прорыва воды в действующие шахты. При этом регулируемое дренирование подземных вод в вертикальную выработку требует возведения водоупорных перемычек в сопряжениях ствола с горизонтами. При этом существующие рекомендации и технология возведения водоупорных перемычек с тампонажем массива горных пород в протяжённых выработках не могут быть здесь использованы по причине выхода перемычки в ствол и её неудобной «обратной» клиновидности.

На участках сопряжения стволов в пределах изменения раскрытия трещин от 0,0005 до 0,005 м качественный тампонаж растворами на основе цемента обеспечивается на первой стадии нагнетания при постоянном расходе и переменном (увеличивающемся) давлении на нагнетательной скважине. При этом время нагнетания для обеспечения требуемого радиуса цементации уменьшается с 25 до 3 мин, а максимальное давление на скважине - с 2,4 до 0,6 МПа.

Наличие тампонажного слоя вокруг вертикальной выработки оказывает значительное влияние на величину водопритока в ствол. Величина водопритока уменьшается минимум в восемь раз, а при коэффициенте проницаемости завесы $k_T << 0{,}01 \cdot 10^{-12}$ $м^2$ стремится к нулю. Наиболее сильное влияние толщины зоны тампонажа наблюдается при её увеличении до 1,5-2,0 м. Дренажный слой без дренажных шпуров не оказывает значительного влияния на величину водопритока в ствол.

Величина водоперетока через массив вокруг перемычки на два порядка меньше величины притока воды в ствол по его длине за счёт клиновидности перемычки и её непосредственного выхода в ствол. При переходе границ тампонажного слоя с увеличением длины шпуров в дренажном слое происходит увеличение водопритока в пять раз.

В отличие от перемычек в протяжённых горизонтальных выработках в рассматриваемых сопряжениях нет острой необходимости тампонирования массива вокруг перемычки с целью уменьшения или исключения водоперетока. Большую актуальность здесь приобретает инъекционная подготовка как средство укрепления массива. Особое значение имеет также установка анкеров, повышающих устойчивость перемычки противодавлению на-

порных подземных вод в связи с «обратной» клиновидностью перемычки в сопряжении с вертикальной выработкой.

Принципиальная технологическая схема инъекционной подготовки массива горных пород на участке сопряжения вертикального ствола с горизонтом включает в себя возведение противофильтрационной тампонажной завесы вокруг ствола и клиновидной перемычки, инъекционное упрочнение тела перемычки в процессе её возведения, инъекционное укрепление кондукторов и анкеров для повышения устойчивости при действии напорных вод со стороны горизонтальной выработки, устройство дренажного слоя и дренажных скважин на участке тампонажа вокруг ствола для уменьшения напора подземных вод на тампонажную завесу и крепь выработки.

Учитывая клиновидность перемычки в сопряжении и направление давления подземных вод, её сцепление с массивом горных пород осуществляется с помощью железобетонных анкеров с запуском в массив более 1,5 м и в тело перемычки не менее 0,6 м, которые соединяются с продольным металлическим арматурным каркасом. Шаг установки железобетонных анкеров – 0,5 м. В сечении первого и последнего рядов анкеров перпендикулярно оси перемычки устанавливают металлические сетки.

Возведение водоупорной перемычки осуществляют четырьмя заходками. На первой заходке устанавливают железобетонные анкеры, продольную арматуру, поперечную сетку и бетонную подушку в подошве выработки. На второй заходке укладывают бетон до половины высоты выработки. На третьей заходке заполняют бетоном половину оставшегося сечения выработки. На четвёртой заходке навешивают сетку со стороны ствола и бетонируют оставшуюся часть выработки. На всех заходках производят инъекцию цементным молоком контакта тела перемычки с массивом горных пород и крепью, а также границ частей перемычки между заходками.

Регулируемый перепуск воды в ствол с дебитом до 1536 м^3/ч обеспечивается семью водоспускными скважинами, оборудованными кондукторными трубами и запорной арматурой, закреплёнными металлическими анкерами. При этом глубина заделки трубы - кондуктора, рассчитанная по условию среза цементного камня между трубой и породой, составляет 2,2 - 3,0 м. Диаметр анкерного болта для крепления трубы - кондуктора – 20 мм. Нагрузка на буровой станок при внезапном прорыве подземных вод при диаметре скважины 76 мм может достигнуть 6450 Н. Отсюда следует целесообразность бурения станком СБГ-1м, усилие подачи которого составляет 645 кН.

Рекомендации по выбору параметров инъекционной подготовки массива горных пород и технология изоляции от затопления выработок, основанная на возведении водоупорных перемычек в сопряжениях вертикального ствола и перепуска воды через водоспускные скважины, реализованы в трёх отраслевых нормативных документах и проектах института «Кузниишахтострой» на ш. «Байдаевская». Экономический эффект за счёт исключения необходимости возведения дополнительного водосборника и уменьшения стоимости водоотлива составляет (в ценах 2002 г.) 59,1 млн руб.

Коротко об авторах

Хямяляйнен В.А., Иванов В.В., Гурский Е.В., Долганова Я.С., Беляков Е.А. – Кузбасский государственный технический университет.

© А.Д. Сашурин, Г.В. Павлов, Н.В. Никитина, 2006

УДК 622.83

А.Д. Сашурин, Г.В. Павлов, Н.В. Никитина

*ДИАГНОСТИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Семинар № 8

Одна из особенностей современного этапа развития земной цивилизации связана с возрастанием риска возникновения катастроф, влекущих за собой значительные социально-экономические утраты и многочисленные человеческие жертвы. По данным ООН в 60-х годах прошлого столетия ущерб от природно-техно-генных катастроф составил 40 миллиардов долларов, а в 90-х годах он уже достиг 280 миллиардов долларов.

На рубеже раздела второго и третье-го тысячелетий результаты фундаментальных исследований наук о Земле всё с большей очевидностью убеждают, что, наряду с землетрясениями, торнадо, ураганами и наводнениями, перед которыми человечество остаётся всё ещё практически бессильно, существуют менее заметные, но отнюдь не менее опасные явления, связанные с современными геодинамическими движениями массива горных пород и земной поверхности.

Специалисты Института горного дела УрО РАН, выполняя фундаментальные исследования по выявлению природы и истоков катастроф в сфере недропользования, установили, что широкий круг природно-техногенных катастроф возникает под воздействием открытого ими особого класса современных геодинамических движений, протекающих в массиве горных пород в основании сооружений. По этой причине происходят обрушения сложных большепролетных и высотных ответственных сооружений, разрушения мостов и подземных транспортных объектов, разрывы магистральных нефтепроводов, газопроводов, теплотрасс, нарушения подземных инженерных коммуникаций городской инфраструктуры и других объектов, для которых массив горных пород и земная поверхность являются либо основанием, либо средой, в которой они созданы.

Круг катастроф этого вида столь обширен, что ущерб от них представляет серьезную угрозу экономике и национальной безопасности.

К сожалению, действующие нормативы на изыскания, проектирование и строительство не учитывают наличия современных геодинамических движений и их воздействия на создаваемые объекты, отстав от современных достижений фундаментальных исследований наук о Земле. По этой причине влияние геодинамических движений не оцениваются и в экспертизе прочности и надежности ответственных объектов, инициированной трагическими событиями на комплексе «Трансвааль».

В то же время, интенсивная урбанизация территорий, освоение подземного пространства, усложнение городских коммуникаций, создание уникальных зданий и сооружений с нахождением в них большого числа людей, создание скоростных железнодорожных магистралей –

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Совета по грантам Президента РФ.

Схема геологического строения территории г. Екатеринбурга

всё это ведёт к более тесному взаимодействию техногенных объектов с природной средой, постоянному росту риска возникновения катастроф, а также к возрастанию частоты заболеваемости наиболее распространёнными болезнями среди проживающего там населения и возникновения хромосомных патологий у рождающихся детей.

Природно-техногенные катастрофы в сфере недропользования определяются двумя особенностями массива горных пород – блочностью строения и взаимной подвижностью этих блоков.

Массив горных пород, слагающих верхнюю часть литосферы и земную поверхность, имеет иерархически блочное строение. Тектонические нарушения различных рангов разбивают его на блоки разных размеров. Для примера на рисунке показана схема геологического строения территории г. Екатеринбурга. Вся она разбита крупными тектоническими нарушениями на 15–20 крупных блоков, которые, в свою очередь, разбиты более мелкими нарушениями на блоки следующих уровней. В любом массиве горных пород прослеживается несколько уровней таких блоков.

Тектонические нарушения, выполняющие роль швов между соседними блоками, всегда имеют определенную толщину (мощность), зависящую, как правило, от их ранга. Она может изменяться от нескольких сантиметров до нескольких метров, а у крупных разломов она может достигать десятков и сотен метров.

Структура, прочностные и деформационные свойства массива горных пород в тектонических нарушениях резко отличаются от пород в блоках. Они, как правило, сильно трещиноваты, часто перетёрты до дресвянно-песчано-глинистого состояния, вследствие чего в массиве имеют низкие прочностные и деформационные характеристики, хотя отдельные образцы пород по этим показателям могут немногим отличаться от аналогичных пород в блоках.

Второй важной особенностью иерархически блочного массива горных пород является взаимная подвижность блоков. Истоки этой подвижности пока до конца неясны. Причиной ее может служить большое число факторов эндогенного и экзогенного характера. Для практических целей важен факт ее существования, параметры проявления и влияние на безопасность объектов.

Фундаментальными исследованиями выявлены два вида современных геодинамических движений – трендовые и цикличные. Трендовые движения происходят в виде взаимных подвижек двух соседних блоков с относительно постоянными скоростью и направлением в течение продолжительного промежутка времени.

Цикличные движения имеют периодические знакопеременные изменения направления движения и характеризуются частотой циклов и максимальной амплитудой перемещения в цикле.

Современные геодинамические движения концентрируются на границах блоков в зонах тектонических нарушений.

Короткопериодные цикличные движения имеют широкий полигармоничный спектр частот с продолжительностью циклов от 30-60 сек до 1 часа, нескольких часов и более. Максимальные амплитуды вертикальных смещений достигают 85-100 мм, горизонтальных 50-65 мм, а максимальные деформации, вызванные смещениями, достигают по растяжению-сжатию 1,2·10-3, по наклону 2,5·10-3.

Тектонические нарушения, разбивающие массив горных пород на иерархически блочную среду, обладают разной степенью геодинамической активности. Каждому из них присущи свои параметры движений. Более того, они могут изменяться во времени.

Искусственные сооружения, оказавшиеся в зоне влияния тектонических нарушений с достаточным уровнем современных геодинамических движений, испытывают нештатные нагрузки и деформации, не предусмотренные их конструкцией. Наряду с негативным воздействием непосредственно на объекты, короткопериодные знакопеременные цикличные смешения переводят массив горных пород тектонических нарушений в тиксотропное состояние, резко ослабляя и без того его пониженные несущие способности и вызывая неравномерные оседания сооружений и их разрушение [1].

Зависимость геоэкологического риска заболеваемости на урбанизированных территориях от геодинамической активности и наличия тектонических нарушений исследовалась на основе распространения хромосомных болезней по исследуемой территории.

Достижения классической генетики в области медицины констатировали более 4500 моногенных заболеваний и более 100 так называемыми хромосомных болезней. Врожденные и наследственные заболевания, а точнее, наследуемые болезни, встречаются в популяции примерно у 5 % населения. Теоретически имеются возможности профилактики около половины хромосомных болезней. Однако практический опыт показывает, что эти возможности не реализованы даже в самых развитых странах мира. В частности, лишь около 20 % детей с трисомией 21 хромосомы (синдром Дауна, СД) предотвращаются в результате региональных программ. Анализ причин такого положения в профилактике хромосомных болезней показывает, что наряду с медицинскими и техническими ограничениями, большую роль играют организационные аспекты и особенности среды проживания.

Проблема хромосомных заболеваний имеет особую значимость в силу того, что эти генетически детерминированные заболевания в настоящее время встречаются достаточно часто: средняя популяционная частота хромосомных нарушений в нашей стране составляет в среднем 6—7 случаев на 1000 новорожденных детей. Большинство авторов считают, что уровень рождения с СД носит стабильный характер. Вместе с тем в некоторых регионах отмечены отклонения от данного показателя в ту или иную сторону.

Анализ регистра больных СД в г. Санкт–Петербурге, самого полного в России, показал на отклонение от средних частот появления больных в некоторых районах и домах города, при этом удалось уловить связь этого феномена с наличием разломов земной коры в данных местах.

Неравномерное распределение частоты СД отмечено на территории Башкортостана и так же связывается с геологическими особенностями, создающими биологический дискомфорт.

Данная гипотеза была подвергнута проверке на основе сопоставления частот рождения детей с хромосомными аберрациями с тектоническим строением территории г. Екатеринбурга.

Задачей работы явилось выявление особенности влияния геодинамически активных зон на возникновение модельных заболеваний у наиболее ранимой популяции: хромосомных и менделирующих с высокой степенью мутаций de novo, а также врожденных пороков развития и онкологических болезней. Детская популяция наиболее ранима, поскольку организм ребенка в большей степени подвержен неблагоприятному воздействию факторов внешней среды. С другой стороны, ребенок не является участником производственного процесса, на него меньшее влияние оказывают бытовые и прочие воздействия.

Выбор контингентов больных был определен тем, насколько известно влияние экологических факторов на ту или иную патологию. В связи с этим, были приняты следующие виды патологии:

- наследственная (хромосомная, моногенная);
- врожденные пороки развития;
- онкологическая (лейкозы, солидные опухоли).

Проведена выборка больных с хромосомными болезнями (174 ребенка), с теми моногенными заболеваниями, при которых высока частота мутаций de novo (мышечная дистрофия Дюшенна, гемофилия, нейрофиброматоз Реклингаузена — 25 детей), с лейкозами (78 больных), с солидными опухолями (286 больных), с врожденными аномалиями развития (101 ребенок).

Планиметрическая оценка карты г. Екатеринбурга показала, что на площадь основных тектонических нарушений приходится 22 %. Поэтому при проведении статистических расчетов обязательно учитывалось такое соотношение площадей: 22 % против 78 %.

Анализ синтетической карты, где тектонические нарушения совмещены с планом города и местами рождения больных детей, показал, что из 174 детей с хромосомными аномалиями 70 (40,2 %) пациентов родились в зонах разломов, а 104 в зонах отсутствия таковых (разница статистически достоверна $p<0,001$).

Как показал результат, из 174 зарегистрированных больных с хромосомными аберрациями (из них 149 больных с синдромом СД) на карте города было выявлено 29 локусов (кластеров), где в одном или в близлежащих домах (не далее 150 м) родилось два и более больных детей.

Таким образом, в данных кластерах всего родилось 69 (39,7 %) больных, часть из которых появилась и в геодинамически активных зонах и вне таковых.

В кластерах, расположенных в геопатогенных зонах, преобладали больные с СД и Патау (трисомия 13 хромосомы) (39 из 41 ребенка — 95,1 %), в отличие от сравниваемой территории (23 из 28 пациентов — 82,1 %); разница статистически достоверна, $p<0,05$.

Следовательно, кластеры больных из зон разломов земной коры составляли более монолитную группу. Это подтверждает и то, что в геологически активной зоне зарегистрировано только 2 случая аномалии половых хромосом, а в зоне отсутствия разломов — 4 случая аномалии половых хромосом и один больной с патологией аутосомы.

Было установлено, что в одном из микрорайонов г. Екатеринбурга сконцентрировались больные, входящие и не входящие в кластеры. Интересно от-метить, что в одном доме с интервалом 8 лет в разных семьях родилось два ребенка с СД, а в другом — один ре-бенок с простой трисомией 21 и другой с робертсоновской транслокацией.

Важно отметить, что обнаруженный феномен, заключающийся в проявлении 6 случаев транслокационных форм синдрома Дауна de novo, пришлись на зоны геологических аномалий в виде разломов земной коры.

Известно, что из всех моногенных заболеваний при прогрессирующей миодистрофии Дюшенна, гемофилии и нейрофиброматозе Реклингаузена доля мутаций de novo превышает 50 %, а скорость мутаций составляет примерно 10–4, что в десятки раз превосходит соответствующую величину для других генов. В связи с этим, анализ при-надлежности рождения больных с данными заболеваниями к зонам разломов земной коры показал, что 58,3 % детей родились в геопатогенных зонах. Статистический анализ с помощью преобразования Фишера и учетом соотношения площадей нормальных и геопатогенных зон показал весьма высокую степень достоверности различий ($p<0,00001$). Следовательно, геопатогенные зоны влияют не только на рождение детей с хромосомными, но и с менделирующими заболеваниями.

Аналогичную зависимость удалось обнаружить при анализе неравномерной частоты рождения детей с онкологической патологией ($p<0,05$). Из 78 больных детей с лейкозом 5 больных, родившихся в геодинамически активных зонах, образовали 4 кластера с больными с хромосомной патологией.

Изучение частоты детей/плодов с множественными ВПР (пороки цен-тральной нервной системы, сердца, легких и др.), родившимися/выяв-ленными в г. Екатеринбурге, обнаружило меньшую статистически значимую разницу между случаями МВПР, пришедшимися на геологически активные зоны и вне пределов таких зон. При этом обратная зависимость выявилась при анализе случаев МВПР, составляющих кластеры, объединенные по тем же критериям. На зоны разломов земной коры пришлось 3 кластера, в то время как в зонах отсутствия разломов — 12 кластеров. Поскольку каждый кластер составлял по 2 случая МВПР, разница составила 6 случаев против 24. Вероятно, это связано с характером происхождения хромосомных аномалий и МВПР. Появление той или иной врожденной аномалии развития определяется временем воздействия повреждающего фактора на плод. Отрезки времени, в течение которых возникают первичные нарушения органогенеза, ведущие к порокам развития, получили название тератогенетических терминационных отделов. Как известно данные отделы длятся со 2 по 12 неделю беременности.

Статистический анализ суммарных данных показал, что частота фенотипических признаков у детей, родившихся в различных зонах, значительно не отличается друг от друга. Кроме того, расчет совокупности количественных изменений с использованием энтропии, свидетельствует о её высоком уровне у всех больных.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что, несмотря на экологически разные этиологические факторы, у всех больных имеются общие патогенетические механизмы, проявляющиеся одинаковым фенотипом больных.

Нейтрализация геоэкологического риска от негативного воздействия современной геодинамики при освоении территорий возможна лишь на основе её диагностики и учёте при проектировании.

Диагностика территории включает:

- выявление наличия и местоположения тектонических нарушений;

- изучение состояния и свойств массива горных пород, слагающих структурные блоки и тектонические нарушения;

- определение численных значений параметров современных геодинамических движений в зонах тектонических нарушений и на участках структурных блоков.

Структура диагностируемого участка, состояние и свойства массива горных пород исследуются с применением комплекса геофизических методов:

- исследование эманации газов, в том числе радона;

- электрометрические исследования в различных вариантах;

- спектральное сейсмопрофилирование;

- георадарные исследования геологического разреза.

Определение численных значений параметров современных геодинамических движений осуществляются путем проведения геодезического мониторинга за движениями и деформациями на исследуемом участке в периодическом или непрерывном режимах наблюдений.

Периодические высокоточные геодезические наблюдения производятся с использованием современных цифровых электронных нивелиров и тахеометров, а также комплексов спутниковой геодезии GPS. Изучение короткопериодных современных геодинамических движений осуществляется постановкой непрерывных наблюдений с применением технологий спутниковой геодезии GPS.

Таким образом, в результате диагностики создаются структурные и геомеханические модели территории и определяются численные значения движений и деформаций в массиве горных пород в основании объекта.

Создание сложных и ответственных сооружений на урбанизированной территории с учётом результатов диагностики позволяет снизить риск возникновения катастроф в процессе их эксплуатации за счёт выбора места их расположения или придания необходимых конструктивных особенностей.

Планирование жилищного строительства на основе выявленных взаимосвязей является одним из надёжных и реальных путей профилактики рождения детей с хромосомными аномалиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сашурин А.Д.* Современная геодинамика и техногенные катастрофы /Геомеханика в горном деле: Доклады международной конференции 19-21 ноября 2002 г. – Екатеринбург ИГД УрО РАН, 2003. - С. 180-191.

Коротко об авторах

Сашурин А.Д. – доктор технических наук, заведующая лабораторией, Институт горного дела УрО РАН,

Павлов Г.В. - доктор медицинских наук, профессор, Уральская государственная медицинская академия,

Никитина Н.В. – Областной центр планирования семьи и ребёнка, руководитель отдела, кандидат медицинских наук.