

УДК 550.83:622.83

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ НА НАКОПИТЕЛЯХ ШАХТНЫХ ВОД

Савченко О. В.

(Укрнтэк-экогеодинамика, г. Донецк)

Савченко А. В., Шалованов О. Л.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

За результатами геолого-геофізичних досліджень території розташування накопичувача шахтних вод на полі шахти "Червоноармійська-Західна № 1" у Донецькому вугільному басейні встановлено явище передачі енергії геодинамічних процесів масиву гірських порід насипним ґрунтам дамб (гребель) ГТС.

Based on the results of geologic-geophysical study of the area of mine water catch basin at the field of Chervonoarmiyska-Zakhidna No. 1 Mine in the Donets Coal Basin we found out the phenomenon of rock mass geodynamic energy transfer to banked ground of embankments (dams) of water control structures.

На Украине имеется около 3500 искусственных гидротехнических сооружений (ГТС) (водо-, шламо-, хвостохранилищ, илонакопителей и др.), в которых хранится в жидкой и полужидкой фазе огромное количество (млрд т) отходов горного производства от добычи, обогащения, переработки полезных ископаемых. В этих отходах сконцентрированы значительные количества вредных, токсичных и полезных химических элементов и соединений.

При длительной эксплуатации из хранилищ происходят непредвиденные и неконтролируемые утечки в виде подземных потоков фильтрации загрязненных вод. Это приводит к нежелательной динамике уровня грунтовых вод и заболачиванию окружающей территории, снижению плодородия и вывода из оборота

сельскохозяйственных угодий, загрязнению вредными и токсичными химическими элементами грунтовых вод и нижележащих водоносных горизонтов, к выводу из эксплуатации водозаборов питьевой воды. Особое внимание на состояние дамб шламонакопителей в Украине уделяется после аварии 5 октября 2010 г в Венгрии на глиноземном заводе, когда из резервуара вылилось около 700 тысяч кубометров токсичных отходов. Поэтому исследование приводящих к авариям на ГТС причин, несомненно, представляет огромный интерес.

В основе оценки физико-технического состояния накопителей жидких отходов промышленности преобладает весьма односторонний подход - представление оснований сооружений и тела дамб (плотин) как однородных тел [1].

Статистика аварий и катастроф подтверждает тот факт, что большой процент аварий происходит по причинам геологического (геодинамического) характера [2]. Особенности геологической среды территории размещения дамб (в частности, её неоднородному строению) практически не уделялось внимания.

Многолетние исследования Ю. С. Рябоштана, Е. Г. Соболева, Е. И. Селюкова и других исследователей убедительно показали, что важным моментом в состоянии и влиянии технических сооружений на окружающую природную среду являются параметры массива горных пород в его основании [2-4]. Важнейшими из них являются тектоническое строение и геодинамическое состояние. Тем не менее, до настоящего времени, структурно-геодинамическим факторам массива горных пород оснований ГТС при оценке эффективности их функционирования не уделялось должного внимания.

Результаты исследований распространения естественных и техногенных вод при подтоплении городских территорий и, в частности, в окрестностях накопителей шахтных вод, шламо- и хвостохранилищ свидетельствует, что при повсеместном распространении грунтовых вод в однородных структурах выделяются зоны повышенной фильтрации. Они приурочены, в основном, к геодинамическим (микроеодинамическим) зонам (ГДЗ, МГДЗ) [5, 6].

Оценка влияния состояния массива горных пород на целостность гидротехнических сооружений нашла отражение в разрабатываемой в УкрНИМИ НАН Украины и ОАО "УкрНТЭК" (ООО "УкрНТЭК-экогеодинамика") геодинамической концепции геотехногенных катастроф на гидротехнических сооружениях, основная идея которой заключается в следующем - зонально-блоковое строение геологической среды и микрогеодинамические процессы в основании ГТС определяют физико-техническое состояние дамб (плотин) и фильтрацию грунтовых (естественных и техногенных) вод в пределах территории ГТС [5-7]. Геодинамические (микрогеодинамические) процессы протекают зонально и являются основным фактором изменения геологической среды, влияющим на экологически и технически безопасное функционирование ГТС.

Задача оценки современного геодинамического (напряженно-деформированного) состояния горного массива в настоящее время решается современными геологическими (структурно-тектонический, литоструктурный, геоморфологический) и геофизическими (электро-, магниторазведки, эманационной съемки, СГДК-А) методами. Опыт применения указанных методов для решения аналогичных задач изложен в справочной и технической литературе [5-8].

Наиболее эффективными методами исследований геодинамических процессов горных массивов, являются геофизические, поскольку любое изменение свойств горных пород и их состояния обеспечивает заметное отклонение от фоновых значений физических полей над геологическими объектами.

В данной статье рассматриваются результаты исследования геодинамических процессов в основании и на дамбе накопителя шахтных вод шахты "Красноармейская-Западная № 1" ПАО "Покровское" геолого-геофизическими методами.

Данный пруд эксплуатируется с 1988 г. О значительных утечках из пруда-накопителя свидетельствует факт дефицита техногенных вод – по поступаемым объемам воды он должен быть наполнен за 10 лет, однако за 12 лет пруд-накопитель был заполнен на 20 %.

Основание дамбы имеет двухъярусное строение с различной плотностью отложений. Нижний структурный этаж представлен отложениями каменноугольной системы с типичным для угленосной толщи Донецкого бассейна набором пород – песчаниками и сланцами, переслаивающимися пластами углей и известняков (рис. 1А, 1Б). Верхний структурный этаж образован рыхлыми покровными отложениями кайнозойского возраста. Кайнозойская толща представлена повсеместно распространенными, неогеновыми и четвертичными отложениями незначительной (до 30-50 м) мощности. Неогеновые отложения залегают горизонтально на денудированной поверхности каменноугольных отложений и представлены песками, суглинками, глинами.

Согласно тектонофизическим предпосылкам ГДЗ верхнего структурного этажа образуются над тектоническими структурами нижнего [9]. В связи с этим, прогнозируется проявление микрогеодинамических зон покровных отложений над тектоническими структурами каменноугольных отложений на трех участках - север-северо-восточного простирания над висячим крылом Александровского надвига, запад-северо-западного простирания над сбросом «И», север-северо-восточного простирания над приосевой частью синклинальной складки в районе плотины прудонакопителя.

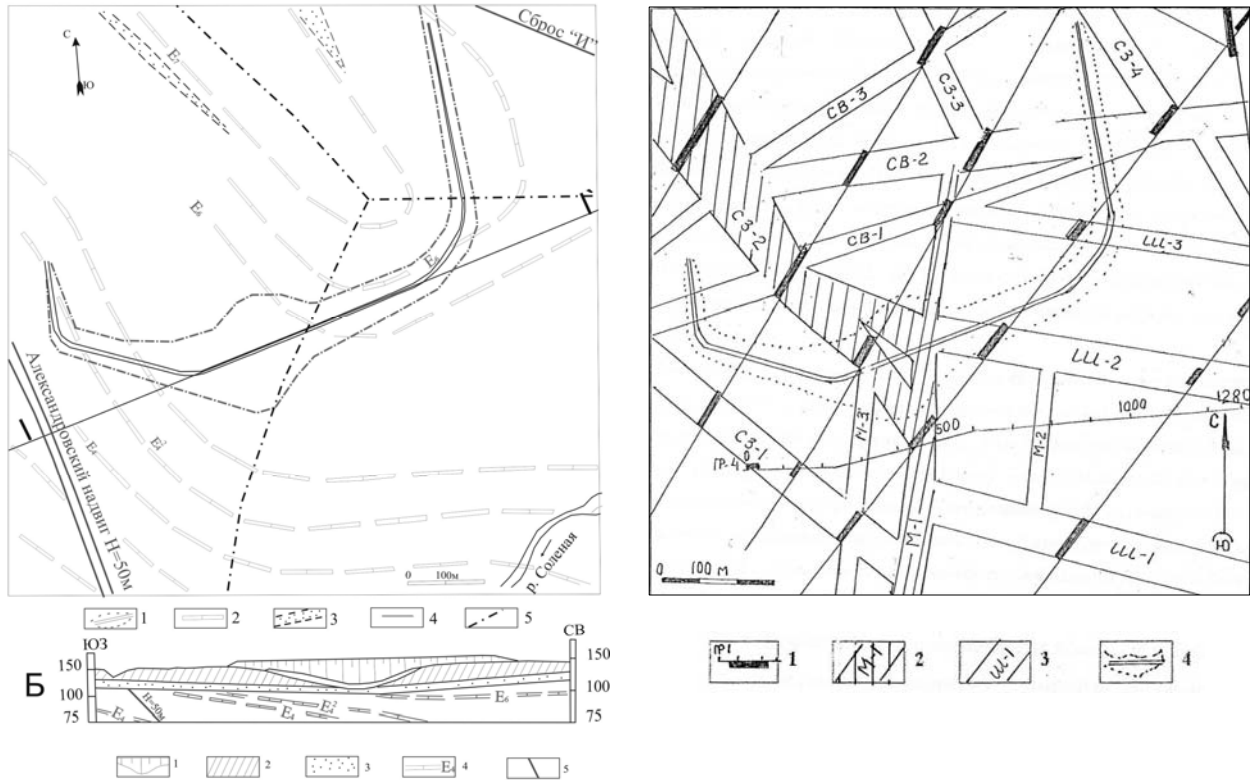
В результате изучения разрывной тектоники и геодинамического строения методами структурно-геодинамического картирования горного массива всего поля шахты «Красноармейская Западная № 1» в 1979 г установлена активное проявление разломно-блоковых движений (рис. 1В).

Тектоническое строение шахтного поля определяется системами геодинамических зон, представленными тектоническими нарушениями различного порядка (от крупноамплитудных до мелкоамплитудных и трещинного типа) с различной ориентировкой: меридиональной $350-360^\circ$, субширотной $100-110^\circ$, юго-восточной 140° . В центральной части шахтного поля установлено наличие крупного разлома фундамента субширотного простирания, значительно влияющего на структурно-тектоническую обстановку всего массива горных пород (широкое развитие субширотных разрывных нарушений, осложнение меридионального

плана разрывных и пликативных структур, проявляемых на земной поверхности микрогеодинамическими зонами) [10].

А

В



А - Геологическая карта: 1 - дамба (плотина) пруда-накопителя; 2 - известняк; 3- песчаник; 4- разрывные нарушения; 5 - осевая линия синклинали;
Б - Геологический разрез по линии I-I': 1 - плотина; 2 - суглинок; 3 - песок; 4 - известняк; 5 - Александровский надвиг;
В - Карта микрогеодинамической зональности (линеаментов): 1 - геофизические профили, геодинамические аномалии; 2, 3 - микрогеодинамические зоны, их индекс соответственно: высокоактивные и среднеактивные; 4 - плотина (дамба) пруда-накопителя

Рис. 1. Геологическое (А и Б) и зонально-блоковое строение массива горных пород (В) территории пруда-накопителя шахтных вод шахты "Красноармейская-Западная № 1"

Линеаментным анализом топографической основы масштаба 1:10000 установлено, что земная поверхность разделена на блоки линеаментами третьего порядка (см. рис. 1В) субширотно-

го (Ш-1, Ш-2, Ш-3), северо-западного (СЗ-1, СЗ-2, СЗ-3, СЗ-4), северо-восточного (СВ-1, СВ-2, СВ-3) и меридионального (М-1, М-2) простирания. Блоки с одинаковым наклоном земной поверхности преимущественно четырехугольные, вытянутые в субширотном направлении до 1 км, при ширине - до 0,4 км. Плотины пруда-накопителя пересекает пять линеаментов – СВ-1, СЗ-2, Ш-2, Ш-3, М-1. В центральной части плотины расположен узел линеаментов М-1 и Ш-2. При анализе топографической основы рельефа местности масштаба 1:1000 дополнительно выделены более мелкие, имеющие протяженность до 0,5 км линеаменты IV-го порядка.

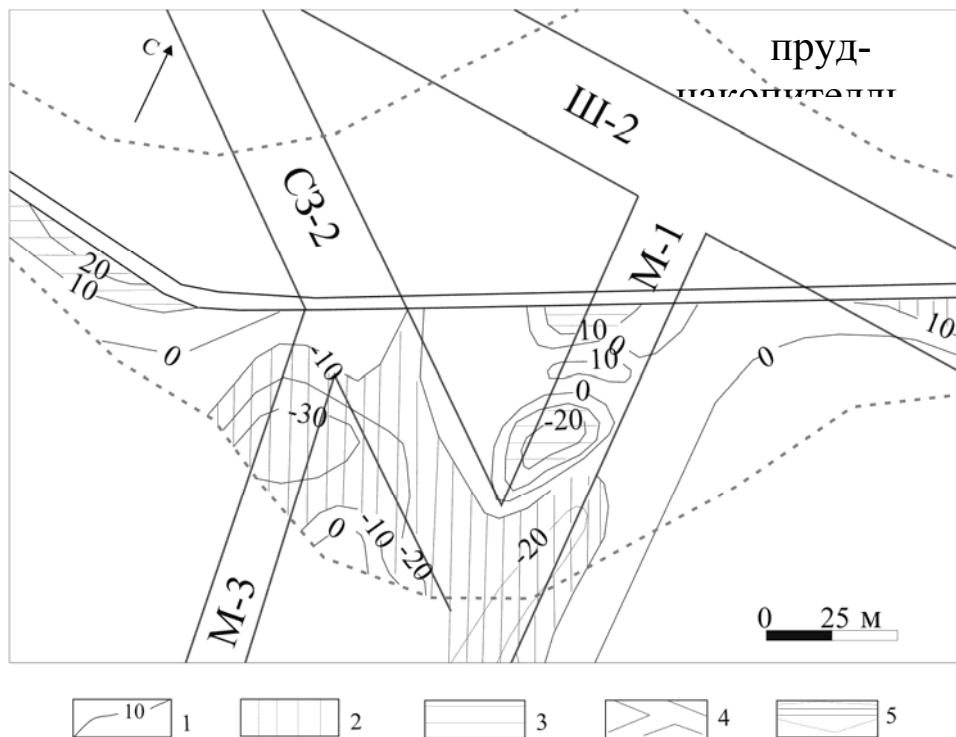
Исследование территории расположения дамбы проводилось неоднократно начиная с 1988 г следующими геофизическими и геохимическими методами: магниторазведки, электроразведки в модификациях ВЭЗ, СЭП, радиометрии и газовой съемки (метан-углекислых газов).

На ограждающих пруд-накопитель сооружениях детально исследовалась центральная часть плотины на протяжении 600 м по продольным и поперечным к оси плотины профилям.

Результаты радоновой съемки по дамбе свидетельствуют о наличии аномальных значений интенсивности альфа-излучения над МГДЗ массива горных пород основания ГТС (рис. 2). При этом, пониженные значения выделяются преимущественно в нижних частях дамбы (М-1, М-3, СЗ-2), а повышенные - в верхних (М-1, Ш-2).

Магнитодинамической съемкой территории пруда-накопителя установлена значительно большая, чем до его строительства, вариация магнитного поля по площади. Наибольшие вариации магнитного поля установлены на плотине. Это свидетельствует об изменении напряженно-деформированного состояния массива горных пород вследствие эксплуатации пруда-накопителя и значительном проявлении геодинамических процессов в теле плотины. Так же как и в эманационном поле, на геофизических профилях установлены участки равномерного и аномального проявления магнитного поля. Причем, на участках аномального проявления эманаций радона, торона и углекислого газа, параметры разности значений магнитного поля на двух вы-

сотах также контрастно изменяются, достигая 200-300 нТл, с преобладанием отрицательных значений.

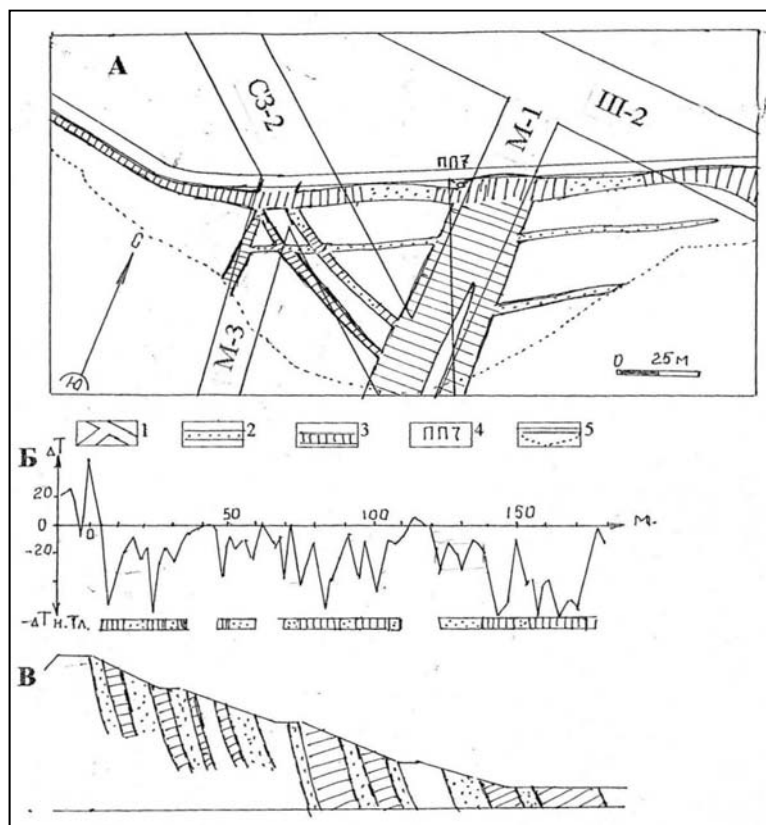


1 - изолинии отклонения от средних значений интенсивности альфа-излучения (имп/мин); 2 - участки разуплотненности грунтов; 3 - участки сжатия грунтов; 4 - микрогеодинамические зоны массива горных пород основания плотины; 5 - плотина (дамба) накопителя

Рис. 2. Проявление микрогеодинамических зон массива горных пород в эманационном поле насыпных грунтов пруда-накопителя шахтных вод шахты "Красноармейская-Западная № 1"

Профилированием магнитодинамическим методом по бермам вдоль и вкrest продольной оси плотины установлено развитие узких зон разуплотнения и обводнения грунтов (рис. 3). Это дает основание прогнозировать в них образование трещин отрыва на скрытой стадии развития. Закономерным является повсеместное развитие трещин отрыва на скрытой стадии развития субпараллельно оси дамбы (плотины). Эти трещины нами названы продольными. На участках с аномальными значениями физических и атмосферических полей плотность продольной трещинова-

тости в 1,5-2 раза выше, чем на фоновых участках. Здесь появляются трещины диагонального, и перпендикулярного к оси плотины, простирания. Ориентировка диагональных и поперечных трещин совпадает или близка к ориентировке МГДЗ, над которыми они расположены.



А - карта зон растягивающих напряжений и трещин отрыва скрытой стадии развития на внешнем склоне плотины: 1 - МГДЗ массива горных пород; 2 - зоны растягивающих напряжений; 3 - зоны трещин отрыва скрытой стадии развития; 4 - поперечный профиль ПП7; 5 - гребень и нижняя граница плотины;

Б - выделение зон растягивающих напряжений и трещин отрыва на скрытой стадии развития на профиле ПП7 по магнитодинамическим данным;

В - поперечный разрез по профилю ПП7

Рис. 3. Влияние микрогеодинамических зон массива горных пород на образование зон растягивающих напряжений на скрытой стадии развития трещин отрыва плотины пруда-накопителя шахтных вод шахты «Красноармейская-Западная - № 1»

По результатам комплексных геолого-геофизических и геодезических исследований горного массива установлено:

– территория ГТС состоит из блоков, разделенных узкими протяженными микрогеодинамическими зонами (см. рис. 1В);

– геодинамические блоки – это структурные элементы горных массивов с одинаковой или близкой тектонической напряженностью пород и движениями земной поверхности, проявляются: одинаковым залеганием земной поверхности, низким (до 0,5%) содержанием углекислого газа в подпочвенном воздухе, равными значениями электрического и магнитного полей. Размер геодинамических блоков определяется сложностью геологического строения массива горных пород, колеблется в пределах от 100 до 500 м;

– микрогеодинамические зоны представляют собой узкие, шириной 20-100 м, протяженные (по простиранию 100-500 м и более) участки массива горных пород с аномальными характеристиками физических и геохимических полей, часто проявляемые на земной поверхности линеamentами, а в массиве горных пород литоструктурами или разрывными нарушениями. По своей геодинамической активности МГДЗ разделяются на высоко-, средне-, низкоактивные;

– геодинамические процессы территории ГТС проявляются циклическими волнообразными вертикальными движениями блоков горного массива и земной поверхности с максимальным поднятием грунтов в феврале-июне и опусканием в августе-ноябре. Величина движений насыпных грунтов в МГДЗ до 50 мм в год, пород основания в МГДЗ 10-15 мм. Величина движений грунтов вне МГДЗ составляет 2-10 мм (рис. 4);

– тело дамбы (плотины) ГТС, образованное из однородных насыпных грунтов, представляет собой чередование участков с разуплотненным и нормальным (уплотненным по проекту) состоянием грунтов;

– участки дамб (плотин) вне геодинамических зон характеризуются развитием редкой сети продольной и поперечной трещиноватости, естественной просадкой грунта в пределах норма-

тивных данных. Такие процессы не являются опасными для технического состояния ограждающих конструкций ГТС;

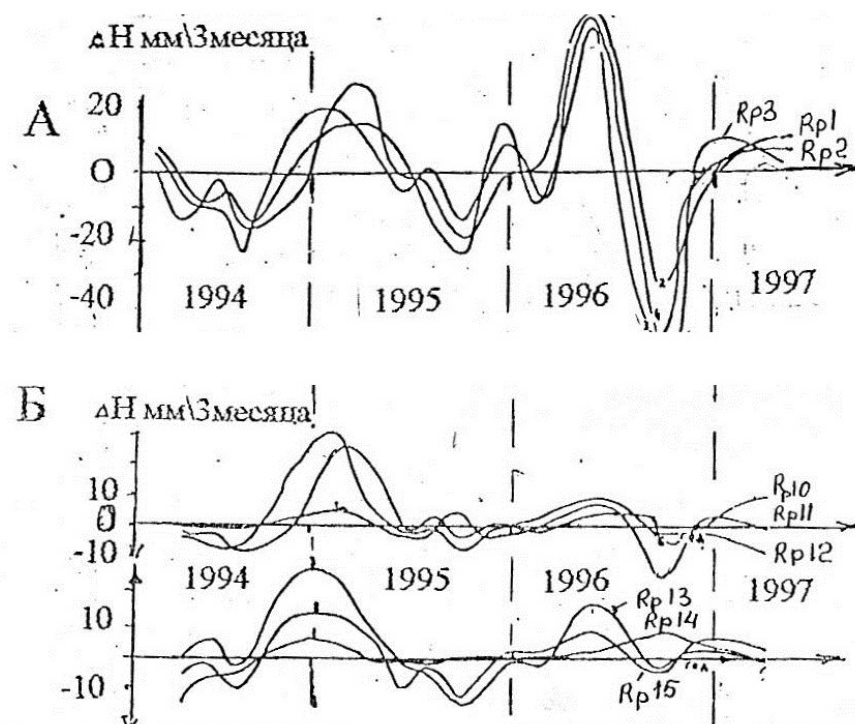


Рис. 4. Временные вариации вертикальных смещений реперов на дамбе (А) и в основания плотины (Б) накопителя шахтных вод шахты «Красноармейская-Западная- № 1»

– аномально-напряженное состояние пород горных массивов в МГДЗ передается насыпным грунтам ГТС. В этих частях дамб проявляются все признаки МГДЗ – повышенная трещиноватость грунтов, разуплотненное состояние грунтов, высокая подвижность грунтовой поверхности;

– в грунтах дамбы (плотины) над МГДЗ происходит усиление геодинамической активности и образование аварийно-опасных участков при эксплуатации ГТС. Это обусловлено появлением различно-ориентированных систем трещин, вначале на скрытой стадии развития, затем на открытой, повышением фильтрации техногенных вод и суффозией грунта, просадкой поверх-

ности насыпных грунтов тела дамбы (плотины) и, в конечном счете – разрушением сооружения.

Таким образом, по результатам анализа предшествующих исследований и комплексных геолого-геофизических работ по дамбе пруда-накопителя шахтных вод шахты «Красноармейская-Западная № 1» выявлено соответствие геодинамических процессов, проявляющихся на дамбе и в основании, что позволяет сформулировать следующее положение: энергия геодинамических процессов, обусловленная тектоническими напряжениями и деформациями зональных структур массива горных пород, передается насыпным грунтам дамб (плотин) ГТС и формирует в них локальные нарушенные участки.

Активная микрогеодинамика массива горных пород приводит к разуплотнению насыпных грунтов над МГДЗ, появлению трещин сначала на скрытой, а затем и открытой, стадиях развития, что создает предпосылки к частичному или полному разрушению отдельных участков дамб (плотин) в районе МГДЗ с серьёзными негативными экологическими, экономическими и социальными последствиями.

Учет зональной геодинамики при проектировании, строительстве и эксплуатации техногенных и природных объектов позволяет целенаправленно осуществлять: выбор площадок под строительство, производить перехват техногенных вод в ограждающих конструкциях ГТС, очистку загрязненных грунтовых вод, предотвращать подтопление территорий окружающих ГТС территорий.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Гидротехнические сооружения / Железняков Г. В., Ибадзаде Ю. А., Иванов П. П. и др.; под общ. Ред. Недриги В. П. — М. : Стройиздат, 1983. — 543 с., ил. (Справочник проектировщика).
2. Геодинамика и её экологические проявления Воевода Б. И., Соболев Е. Г., Русанов А. Н. Савченко О. В. // (Наукові праці Донецького Державного технічного університету: серія гірнично-геологічна, випуск 23, ДонДТУ, Донецьк, 2001. — С. 3—14.

3. Горбушина Л. В., Рябоштан Ю. С. Применение эманационной съемки для картирования современных геодинамических зон тектонического и технологического происхождения. // «Сейсмология Узбекистана», ФАН, 1975.
4. Селюков Е. И., Стигнеева Л. Т. Краткие очерки практической микрогеодинамики. ФГУП "Фундаментпроект". — СПб. : Питер. 1-е изд., 2010. — 176 с.
5. Савченко О. В. Геодинамическая концепция влияния массива горных пород основания шламо-хвостохранилищ на экологию окружающей среды // Тез. докл. III-й на- учн.-техн. конф. Стран СНГ по экологии химических производств «Экология-98», г. Северодонецк, 1998. — С. 22—23.
6. Савченко, О.В. Опыт изучения геодинамического строения горного массива территорий расположения шламонакопителей [Текст] / О. В. Савченко, Г. А. Петенко, А. В. Савченко, В. В. Туманов, М. Ю. Богак // Горная геология , геомех и маркшейдерия. Сб. научн. трудов. — Донецк: УкрНИМИ НАН Украины, 2004. — том 1. — С. 257—261.
7. Соболев Е. Г., Воевода Б. И., Савченко О. В. Должиков П. А. Зональность процессов подтопления территорий в районах эксплуатации водо-, шламо- и хвостохранилищ, канализационных систем и водоводов // Вісник УБЕНТЗ. — 1998. — № 9. — С. 32—35.
8. Соболев Е. Г., Воевода Б. И., Савченко О. В. и др. Комплекс геолого-геофизических методов исследований при оценке техногенно-экологической безопасности дамб (плотин) водо-, шламо- и хвостохранилищ // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Кризовий та передкризовий стан довкілля як результат техногенного впливу на геологічне середовище і геоморфосферу". — Львів: наук.-техн. журнал "Вісник" УБЕНТЗ, 1998. — № 4. — С. 41—42.
9. Гзовский, М. В. Основы тектонофизики [Текст] / М. В. Гзовский. - М. : Наука, 1975. — 536 с.
10. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР: В 12 т. / Госгеолтехиздат. — М., 1963. — Т. 1 : Угольные бассейны и месторождения юга европейской части СССР. — 1210 с.