

УДК 551.2/3: 577.4

ВОЕВОДА Б.И (ДонГТУ), СОБОЛЕВ Е.Г., РУСАНОВ А.Н, САВЧЕНКО О.В.
(ОАО «УкрНТЭК»)

ГЕОДИНАМИКА И ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

Текущее столетие наряду с «веком информации», можно также назвать «веком экологии». Экологические проблемы приобрели статус глобальных. Общество начало осознавать опасность прекращения жизни на Земле из-за своего воздействия на природу. Исключительно высокие темпы развития производительных сил породили небывало крупномасштабные негативные изменения окружающей природной среды. Массированному воздействию подвергаются атмо-, гидро-, лито- и биосфера. Особенно это характерно для регионов и областей с высокоразвитой тяжелой промышленностью, и в первую очередь, горнодобывающей, металлургической, химической, атомной и т.п.

Человечество поставлено перед одной из важнейших проблем — обеспечить себе и грядущим поколениям нормальные условия существования, сохраняя и оберегая природу — среду своего обитания.

Одной из сфер окружающей природной среды, подвергаемой высокой техногенной нагрузке и одновременно представляющей источник и причину многих негативных экологических явлений и катастроф, является геологическая среда. К ней, как известно, относится приповерхностная часть литосферы (верхняя часть земной коры), которая подвергается изменениям в результате производственной деятельности человека. Экологические функции геологической среды определяются ее ролью в жизнеобеспечении человеческого общества и могут быть схематично разделены на следующие основные группы: ресурсные, геодинамические и геофизико-геохимические [1]. Каждая из упомянутых функций представляет относительно самостоятельное научно-практическое направление, характеризуется определенным кругом специфических задач и является предметом изучения соответствующих разделов экологической геологии, то есть рассмотрения геологических особенностей среды, геологических процессов и явлений с экологической точки зрения.

Экологическая геология, как новая зарождающаяся научная дисциплина, имеет множество не до конца решенных задач и направлений. Жизнь требует их скорейшего решения и практической реализации.

В то же время накопленный за последнее время фактический материал позволяет уже сейчас сделать определенные выводы по некоторым направлениям экологической геологии.

На основе результатов множества собственных работ, а также данных других исследователей выскажем свои соображения относительно геодинамического состояния горного массива и его влияния на экологическую ситуацию.

По современным геологическим представлениям вся приповерхностная часть земной коры разбита на блоки различной тектонической активности. Границы таких блоков представляют собой геодинамические зоны. Они могут иметь либо аномально напряженное состояние, либо представляют собой структуры, по которым происходили или происходят тектонические подвижки блоков горного массива. Зоны имеют различные размеры, зависящие от причин их возникновения, которые, в свою очередь, полигенетичны [2–4].

Глубинные структурные элементы горного массива проявляются чаще всего в виде линейно вытянутых форм рельефа, их границ, элементов гидрографической се-

ти, геологически обусловленных зон почвенного и растительного контрастов. По аналогии с планетарными поверхностно проявленными глубинными структурами [1,2], локальные структурные линейные элементы горного массива, выраженные в рельефе местности, также называют линеаменами или микролинеаменами [4,5].

В зависимости от решаемых научных и прикладных задач и детальности изучения интерес могут представлять блоки горного массива и соответствующие геодинамические зоны (линеаменты) самых различных размеров. Например, при оценке устойчивости и экологической безопасности большинства промышленных объектов интерес представляют геодинамические зоны (линеаменты) протяженностью в сотни метров и первые километры.

Геодинамические зоны характеризуются различной тектонической активностью сопряженных блоков горного массива, проявляющейся с различными периодами. Фоновые подвижки большинства блоков имеют сравнительно невысокие амплитудные перемещения ($2 \cdot 10^{-3}$ – $4 \cdot 10^{-3}$ м/год) и охватывают глубины в десятки и первые сотни метров. Блоковые же структуры, ограниченные системами региональных и планетарных разломов мантийного заложения, характеризуются значительно более высокими (на порядок выше относительно фоновых) параметрами неотектонических движений, как по амплитуде, так и по глубине проявления [3–5].

Современная тектоническая активность по геодинамическим зонам разрушающим образом действует на любые техногенные объекты и сооружения. Наиболее интенсивно это происходит, когда протяженные объекты расположены на разных блоках горного массива (объект пересекает геодинамическую зону), или размещены в пределах самой геодинамической зоны. Кроме потери механической прочности и разрушения объектов, зачастую возникают побочные (сопровождающие) явления и процессы, создающие экологический ущерб, во много раз превышающий ущерб от самого разрушения.

Изложенное подчеркивает необходимость детального изучения горного массива основания любых объектов и сооружений, как при выборе площадок под строительство, так и на всем протяжении эксплуатации. Особенно это актуально для ответственных и опасных инженерных объектов атомной энергетики, транспортных магистральных нефте-, газо- и аммиакопроводов, тоннелей и т.п.

Очевидно, что для оценки геодинамического состояния геологической среды необходимо объемное ее изучение. Традиционные нормативные методы инженерных изысканий, практикуемые в настоящее время, совершенно недостаточны для достижения указанной цели. Применяемый отбор образцов грунтов и пород из редкой сети скважин с последующим лабораторным изучением физико-механических параметров проб дают точечную, весьма ограниченную информацию. Она не может охарактеризовать геодинамику горного массива в целом и, следовательно, не обеспечивает достоверного прогноза возможных негативных последствий ее влияния на техногенные объекты.

Геодинамическое изучение геологической среды и геодинамическое картирование могут успешно осуществляться геофизическими методами, так как для этого существуют объективные и надежные физико-геологические предпосылки. Любое изменение вещества горных пород и их состояния обеспечивает заметное отклонение от фоновых значений физических свойств пород и физических полей геологических объектов. Поэтому все геофизические методы (грави-, магнито-, электро-, сейсмометрические, радиоактивные и ядерные, тепловые) позволяют обнаруживать различные блоки горных пород, трассировать геодинамические зоны, оценивать их показатели, то есть эффективно изучать геодинамическое состояние геологической

среды. Весьма высокие возможности решения рассматриваемых вопросов имеются и у атмогеохимических методов, так как геодинамические зоны являются участками горного массива с аномально повышенными выделениями газов различного состава.

Понятно, что максимальная достоверность и полнота геодинамического изучения обеспечивается использованием всех возможных геофизических и атмогеохимических методов. Однако в каждом конкретном случае существует ряд ограничений применимости тех или иных методов (естественные или техногенные помехи, технологические затруднения, экономические соображения и т.п.), что вынуждает использовать рациональный комплекс из ограниченного числа методов при заданной достоверности полученных решений. Наш многолетний опыт и опыт некоторых других исследователей показывает, что к настоящему времени уровень теоретических и аппаратурно-методических разработок позволяет практически для любых условий с помощью только геофизических методов (без бурения скважин) успешно выполнять геодинамическое картирование геологической среды [6,7].

К сожалению, проектировщики, строители, эксплуатационники пока еще не учитывают геодинамику как один из важнейших факторов функционирования инженерных объектов.

К настоящему времени человечество неоднократно получало горькие уроки из-за пренебрежительного отношения к геологической среде. Достаточно упомянуть о Чернобыльской катастрофе, в результате которой сотни тысяч людей получили невзгоды и страдания, а многие лишились жизни. Катастрофа потребовала и будет еще многие годы требовать огромных затрат для смягчения негативных социальных и экономических последствий, хотя полностью их ликвидировать все равно не удастся.

Другого плана катастрофа произошла на Урале летом в 1989 году, когда два встречных пассажирских поезда вспыхнули от взрыва огромного количества газа, накопленного в низине местности вследствие утечки сжиженного газа из неисправного магистрального продуктопровода. Погибло более тысячи человек.

Упомянутые трагические разномасштабные события объединяет игнорирование состоянием и особенностями геологической среды, являющейся основанием вышеназванных инженерных объектов (атомной электростанции и магистрального продуктопровода).

Исследованиями, выполненными в последние годы ведущими специалистами Украины и России, установлено, что причиной катастрофы на Чернобыльской электростанции (ЧАЭС) является тектоническая активность кристаллического фундамента в районе ее расположения. Обнаруженные данные и их тщательный анализ свидетельствуют о том, что за несколько секунд до взрыва на IV блоке ЧАЭС в районе станции произошло локальное землетрясение, которое могло существенно повлиять на ход технологических процессов и в условиях нестабильного режима реактора привести к взрыву [8,9]. Проведенные в 1991 году (через 14 лет после пуска станции в эксплуатацию и спустя 5 лет после катастрофы) детальные сейсмические исследования позволили установить, что промплощадка ЧАЭС находится в зоне пересечения двух систем региональных разломов мантийного заложения — Южно-Припятского и Тетеревского.

Узел пересечения упомянутых разломов расположен на расстоянии 10–15 км восточнее промплощадки ЧАЭС (рис. 1). По мнению ученых, он может считаться наиболее вероятным очагом локального землетрясения, зафиксированного за 10–15 секунд до взрыва на IV блоке ЧАЭС тремя ближайшими (в радиусе 100–180 км) сейсмическими станциями.

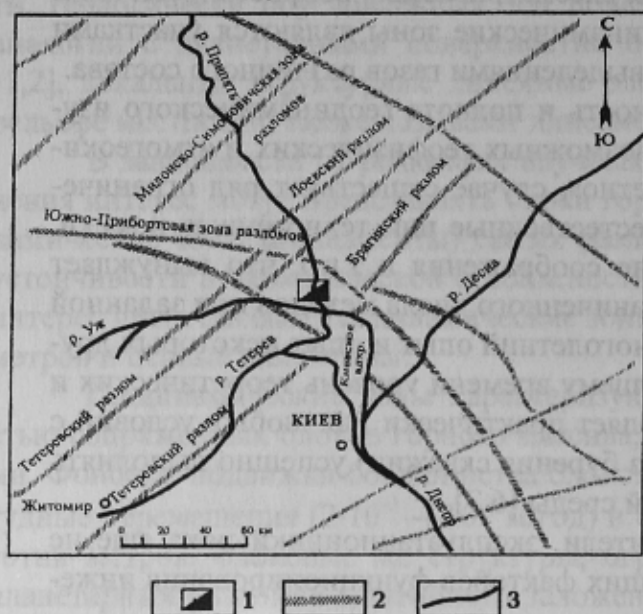


Рис. 1. Схема зон глубинных разломов в районе ЧАЭС по В.И. Страхову и др. [8]: 1 — площадка ЧАЭС; 2 — зоны глубинных разломов; 3 — реки

которых пересекает место образования трещины на продуктопроводе (рис. 2) [10]. Наиболее вероятной причиной образования этой трещины является деформация трубы в пределах геодинамической зоны, а также активное воздействие на трубу выделяющихся из грунтов газов. С большой вероятностью можно прогнозировать нарушение целостности трубы и в другом месте ее пересечения со второй геодинамической зоной (см. рис. 2).

Таким образом, гибель большого количества людей обусловлена нарушением целостности труб продуктопровода в геодинамической зоне.

Остальные условия (незамеченная длительное время утечка газа, рельеф местности, способствующий скоплению большого количества газа, отсутствие ветра, возникновение искры, встреча двух пассажирских поездов в этот момент в данной точке) являются трагическим совпадением, повлекшим страшную катастрофу.

Можно ли было предотвратить рассмотренные катастрофы?

В то же время другие более удаленные сеймостанции Украины и Беларуси не зафиксировали упомянутое сейсмическое событие, так как его магнитуда сравнительно низкая и составила 1,3–1,4 [8]. То есть, в планетарном масштабе землетрясение имеет весьма незначительный и локальный характер, хотя и обеспечило глобальные экологические последствия.

Геодинамическое изучение территории трагедии с пассажирскими поездами на Урале было выполнено в 1990 году по заказу Миннефтегазстроя СССР геофизической группой Российского Университета дружбы народов методами газовой съемки [10]. Было установлено наличие двух пересекающихся активных геодинамических зон растяжения, одна из ко-

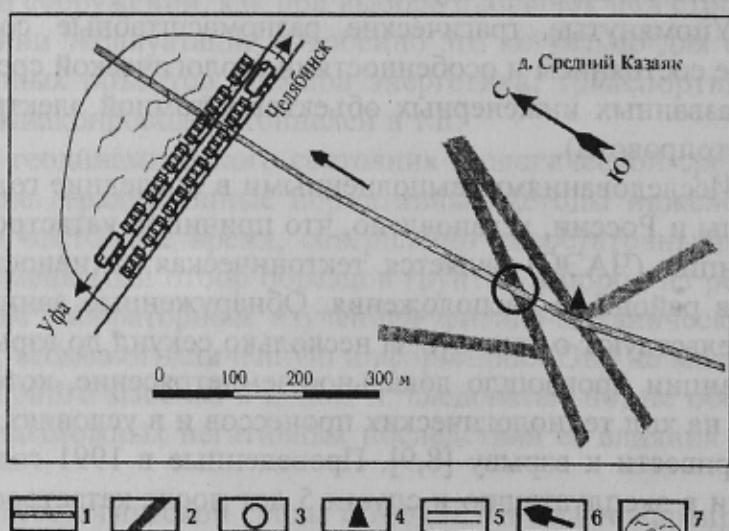


Рис. 2. Схема геодинамической ситуации места разрыва продуктопровода «Западная Сибирь-Урал-Поволжье» и трагедии с пассажирскими поездами (по В.И. Дивакову [10]): 1 — продуктопровод; 2 — геодинамические зоны; 3 — место трещины в трубе; 4 — прогнозируемый аварийно-опасный участок; 5 — железнодорожные пути; 6 — направление утечки газа; 7 — место взрыва газа и пожара пассажирских поездов

С полной ответственностью мы утверждаем — да! Для этого необходимо было заранее детально изучить геодинамические характеристики геологической среды расположения инженерных объектов.

В случае ЧАЭС достаточно беглого взгляда на схему глубинных разломов (см. рис. 1), чтобы убедиться, что местоположение атомной станции самое неблагоприятное и недопустимое в таком тектонически-активном районе.

Во втором случае очевидно, что состояние продуктопровода в местах его пересечения геодинамическими зонами (рис. 2) должно было постоянно контролироваться для предупреждающих действий в случае появления угрозы аварии.

Однако в обоих случаях геодинамическая ситуация не была известна, так как соответствующие исследования были проведены только после катастрофических событий. Нет нужды доказывать, что на ликвидацию последствий затрачено в тысячи и сотни тысяч раз больше средств, чем необходимо для предварительного геодинамического исследования.

Геодинамический фактор оказывает весьма существенное влияние на функционирование и экологическую опасность гидротехнических сооружений (ГТС), исполняющих роль шламо- и хвостохранилищ, шламонакопителей, водоотстойников, водосборников и т.п. В них складывается большое количество техногенных вод, зачастую содержащих в больших концентрациях вредные и токсичные химические элементы. Ограждающими конструкциями ГТС являются дамбы (плотины) из насыпных грунтов, препятствующие проникновению техногенных вод в окружающую территорию. В случае аварийного прорыва дамбы (плотины) загрязненные техногенные воды заболачивают прилегающую местность, засаливают и выводят из севооборота сельскохозяйственные угодья, загрязняют источники водоснабжения, затапливают близлежащие населенные пункты.

Только на Украине крупных ГТС с объемом жидких отходов в миллион и более кубических метров имеется свыше 3000. Ежегодно на них происходят «внезапные аварии», сопровождающиеся упомянутыми негативными явлениями.

Как показывают результаты выполненных нами геолого-геофизических исследований, аварии на дамбах (плотинах) ГТС не являются внезапными, а подготавливаются в пределах определенного времени и происходят только в местах пересечения ограждающих конструкций ГТС геодинамическими зонами горного массива основания.

Схематично процесс формирования аварийных ситуаций выглядит следующим образом. Тектонические подвижки блоков горного массива основания передаются насыпным грунтам дамбы (плотины). Над геодинамической зоной насыпные грунты приобретают дополнительные напряжения и деформируются. Возникают разнонаправленные трещины, по которым начинает происходить фильтрация техногенных вод из ГТС во внешнюю среду. Фильтрация вызывает суффозию, которая способствует усилению фильтрации. Со временем за счет развития указанных процессов, участок дамбы (плотины) над геодинамической зоной теряет прочность и происходит прорыв — авария.

Интенсивность ослабления ограждающих конструкций ГТС над геодинамическими зонами зависит от тектонической активности этих зон, периодичности ее проявления. Указанные характеристики весьма различны, в связи с чем, аварии возникают только над наиболее активными зонами. В свою очередь, тектоническая активность геодинамических зон и степень нарушенности тела дамбы (плотины) сопровождается различной интенсивностью изменений физических полей. Это позволяет контролировать зарождение и развитие аварийной ситуации путем проведения ре-

жимных геофизических наблюдений и обеспечивать прогноз мест возможных аварий.

Нами выполнены геодинамические исследования на многих ГТС Украины, России, а также Узбекистана и Таджикистана [6,7]. Во всех случаях установлено, что горный массив основания пересечен весьма густой сетью геодинамических зон различной степени тектонической активности. Такие зоны имеют различные направления и расположены через 200–300 метров, а иногда и чаще. Для сооружений наиболее опасны участки пересечения геодинамических зон различных направлений, а также их пересечений с разрывными тектоническими нарушениями (рис.3,4).

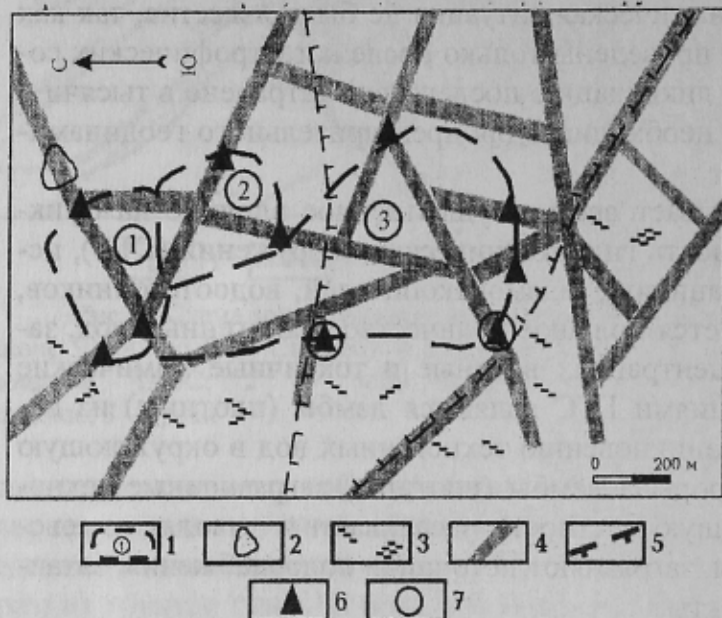


Рис. 3. Геодинамическая ситуация и состояние аварийности на дамбах илонакопителей Селидовской ЦОФ: 1 — контуры и номера секций илонакопителя; 2 — озеро; 3 — болото; 4 — геодинамическая зона; 5 — разрывные нарушения; 6 — аварийно-опасные участки; 7 — участки свершившейся аварии

Так, например, аварии на шламонакопителе №3 Селидовской ЦОФ (Донецкая обл.) произошли на участках дамбы, находящихся над пересечением геодинамических зон с разрывными тектоническими нарушениями, а прогнозируемые аварийные места совпадают с узлами пересечения геодинамических зон различных направлений (рис. 3).

Сходная картина наблюдается на хвостохранилищах концерна «Ориана» (г. Калущ, Ивано-Франковская обл.). Аварии на дамбах произошли также в местах пересечения геодинамических зон с тектоническим нарушением, а аварийно-опасные участки дамб находятся над наиболее активными геодинамическими зонами (рис. 4).

На других, исследованных нами, ГТС геодинамические характеристики и аварийность дамб (плотин) сходны с рассмотренными выше. Сходство объясняется тем, что преобладающее большинство ГТС расположено в овражно-балочных системах рельефа (не угодьях), представляющих собой зоны древних активных тектонических движений. Многие из таких систем имеют и современную повышенную тектоническую активность относительно неактивных участков земной коры. Поэтому, с точки зрения устойчивости и экологической безопасности ГТС, они расположены в самых неблагоприятных (по геодинамическим характеристикам) местах. Для таких ГТС нами установлены следующие закономерности:

- горный массив основания повсеместно разбит густой сетью геодинамических зон;
- утечки загрязненных вод и прорывы дамб (плотин) происходят в местах их пересечения с геодинамическими зонами;
- подземные фильтрации естественных и техногенных вод, а также через дамбы (плотины) происходят не повсеместно, а зонально — по геодинамическим зонам, являющимися наиболее ослабленными частями массива;

— предварительное геодинамическое картирование, режимные наблюдения за опасными участками дамб (плотин) обеспечивают достоверный прогноз аварий и их полное исключение за счет упреждающих защитных мероприятий.

В свете изложенного, с высокой степенью достоверности можно утверждать, что недавний (в 2000 г.) прорыв плотины на шахте Бая-Борза в Румынии, повлекший загрязнение ионами тяжелых металлов воды реки Тисы многих сопредельных государств, произошел над геодинамической зоной горного массива. Предварительное геодинамическое картирование и соответствующие упреждающие мероприятия могли бы легко предотвратить эту аварию, имеющую международный экологический характер.

Выводы

Геодинамические параметры горного массива в решающей мере определяют механическую прочность и экологическую безопасность любых инженерных сооружений.

Геодинамические зоны, разделяющие блоки горных массивов различной тектонической активности, существуют повсеместно и представляют угрозу для всех техногенных объектов. Наиболее опасны узлы пересечения геодинамических зон между собой или с тектоническими разрывными нарушениями.

Геодинамические зоны — линейные структуры горного массива с ослабленными породами. По ним зонально происходит повышенная фильтрация и естественных, и техногенных загрязненных вод. Это является научной основой обоснованных прогнозов аварийных ситуаций, разработки мероприятий предупреждения разрушения и подтопления инженерных объектов, заболачивания территорий, защиты источников водоснабжения от загрязнения техногенными водами и т.п.

Действующие нормативные требования не предусматривают обязательного геодинамического изучения территорий строительства и существующих инженерных объектов.

Практикуемые инженерные изыскания не обеспечивают геодинамического изучения горного массива, так как имеют точечный характер по густоте наблюдений и избирательность по представительности информации (на лабораторные испытания попадают наиболее прочные образцы, извлеченные из скважин).

На современном этапе геодинамическое картирование наиболее успешно осуществляется без бурения скважин с помощью полевых геофизических и геохимических методов. Обеспечивается объемность информации требуемой детально-

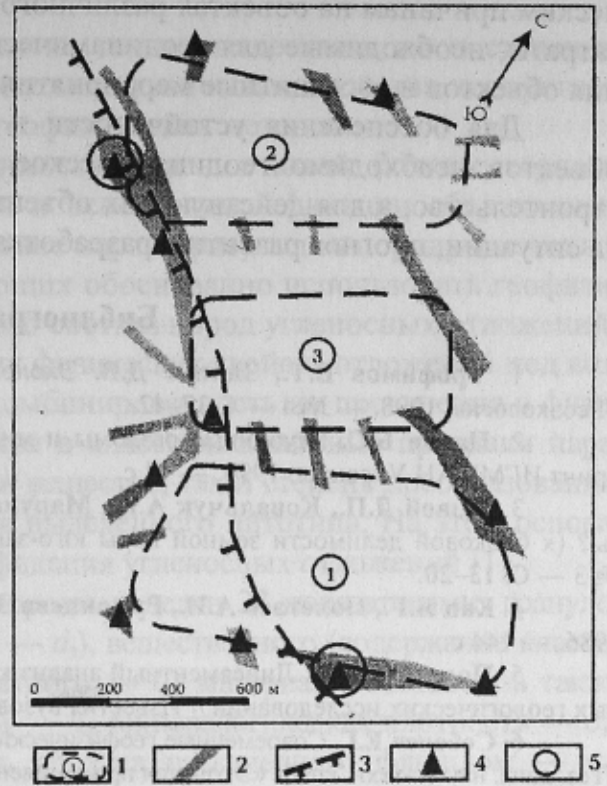


Рис. 4. Геодинамика горного массива основания хвостохранилищ концерна «Ориана» и аварийность на их дамбах: 1 — контуры и номера хвостохранилищ; 2 — геодинамическая зона; 3 — разрывное нарушение; 4 — аварийно-опасные участки; 5 — участки свершившейся аварии

сти при минимальных затратах, а также возможность режимных наблюдений опасных участков с необходимой периодичностью.

Ущерб, приносимый авариями и катастрофами, возникающими по геодинамическим причинам на объектах различного назначения, на много порядков превышает затраты, необходимые для геодинамического картирования территории расположения объектов и на защитные мероприятия.

Для обеспечения устойчивости и экологической безопасности инженерных объектов необходимо геодинамическое картирование при выборе площадок под строительство, а для действующих объектов — геодинамический мониторинг (оценка ситуации, прогноз развития, разработка защитных мероприятий и их реализация).

Библиографический список

1. Трофимов В.Т., Зилинг Д.В. Экологическая геология в системе геологических наук. //Геозкология, 1998. — № 4 — С.37–42.
2. Панов Б.С. Глубинные разломы и минералогия линеамента Карпинского. — Киев. Препринт ИГМР АН Украины, 1994. — 74 с.
3. Резвой Д.П., Ковальчук А.И., Марушкин И.А. и др. Глубинные разломы или линеаменты? (к блоковой делимости земной коры юго-западной Евразии) //Геологический журнал, 1993. — № 3 — С. 13–20.
4. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеamentной тектоники. — М.: Недра, 1986. — 144 с.
5. Полетаев А.И. Линеamentный анализ как один из экологически чистых методов современных геологических исследований // Известия вузов. Геология и разведка, 1991. — № 9, — С. 25–30.
6. Соболев Е.Г. Современные геофизические методы исследований и защита гидросфер регионов. //Тез. докл. научн.-техн. конф. «Экология промышленного города». — Мариуполь, 1997. — С. 67–68.
7. Соболев Е.Г., Воевода Б.И., Савченко О.В. и др. Комплекс геолого-геофизических исследований при оценке техногенно-экологической безопасности дамб (плотин) водо-, шламо- и хвостохранилищ // Материалы межд. научн.- практ. конф. «Кризисийта передкризисийта стан доквилля як результат техногенного впливу на геологичне середовище і геоморфосферу». — Київ, наук.-техн. журнал «Вісник УБЕНТЗ», 1998. — № 4, — С. 41–42.
8. Страхов В.И., Старостенко В.И., Харитонов О.М. и др. Сейсмические явления в районе Чернобыльской АЭС. //Геофиз. журн., 1997. — № 3 — С. 3–15.
9. Правдивцев В.К. Версия Чернобыля. // Эхо планеты, 1998. — №32, С. 25–33.
10. Диваков В.И. Микрогеодинамика. Рекламный проспект. — М., Российский Университет дружбы народов. 1998, — 24 с.

© Воевода Б.И., Соболев Е.Г., Русанов А.Н., Савченко О.В., 2001

УДК 553.94: 552

ВОЕВОДА Б.И., КОСТЕНКО Д.Т., МИГЕЛЬ О.В. (ДонГТУ)

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДОНБАССА

Существенным недостатком практикуемых геологических способов изучения осадочных горных пород является отсутствие их единой унифицированной классификации.

Все использованные геологические классификации осадочных пород не учитывают их изменений на различных стадиях преобразования (седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез). В то же время порода конкретного вещественного и гранулометрического составов на различных упомянутых стадиях имеет весьма су-