

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КАНАЛОВ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ
PREDICTING OF POTENTIAL PROPAGATION CHANNELS FOR
ECOLOGICALLY HARMFUL SUBSTANCES IN GEOLOGIC MEDIA**

Морозов В.Н., Татаринов В.Н., Буров И.Ю.
Геофизический центр Российской Академии Наук
117296, Россия, Москва, ул. Молодежная, д. 3, тел: (095) 9305639

Abstract. The questions of assessment and prediction of potential channels of infiltration of radionuclides in geologic environment are discussed. This is specially important for underground allocation of the nuclear objects. The method of allows for spatial-temporal variations in a geological massif at all hierarchical levels from regional tectonic processes up top peri-contour zones of chambers.

Наибольшую экологическую опасность для населения и окружающей среды представляют промышленные объекты, на которых применяются технологии с использованием радиоактивных материалов, объединенные под общим понятием – объекты ядерно-топливного цикла (ЯТЦ). Это прежде всего атомные станции, подземные хранилища и захоронения радиоактивных отходов.

На объектах ЯТЦ неоднократно возникали аварийные ситуации разной степени тяжести. Последствия наиболее серьезных из них (Кыштым, Южный Урал; Виндскэйл, Англия; Три Майл Айленд, США; Чернобыльская катастрофа) не ликвидированы до настоящего время. Одна из экологических опасностей связана с возможным повреждением емкостей, в том числе при воздействии природных факторов, хранящих радиоактивные отходы, и их попадания в грунтовые воды.

Из всего комплекса проблем обеспечения геоэкологической безопасности объектов ЯТЦ остановимся на одной – прогнозировании потенциальных каналов распространения радионуклидов в геологической среде. Особенно актуален этот вопрос при подземном размещении объектов ЯТЦ. Поскольку процессы, протекающие в геологической среде взаимосвязаны, необходима концептуальная основа, учитывающая пространственно-временные изменения геологической среды на всех иерархических уровнях от региональных тектонических процессов до состояния приконтурной части породного массива. Отсюда возникает необходимость разделения решения проблемы на три уровня: региональный, локальный и приконтурный.

На рис. 1 показаны цели, задачи и методы исследований на каждом иерархическом уровне. Основной задачей первого уровня является установление уровня активности крупных тектонических нарушений. Для этого необходимо исследовать геодинамический режим территории в радиусе до 50 км от объекта. В настоящее время нами широко применяются для этого методы космической геодезии (GPS-метод). Метод позволяет определять дистанцию между пунктами на базах до 1000 км с ошибкой порядка 1–1,5 мм, а точных координат – около 10 мм.

На основе GPS-исследований выделяются структурно-тектонические блоки и определяются скорости современных горизонтальных движений по основным тектоническим нарушениям.

Второй уровень исследований захватывает площадь горного отвода объекта, обычно ее размер не превышает 10 км². Основная задача заключается в выявлении зон

относительного разуплотнения породного массива, обусловленных современной геодинамикой и образованием мульды проседания над пройденными горными выработками. Современное напряженное состояние породного массива в зонах влияния выработанного пространства часто отличается от традиционно используемых в геомеханике гипотез распределения полей напряжений Гейма, Динника или Хаста. Разработанная нами методика расчета полей смещений и деформаций над полостями различной конфигурации [1] позволяет прогнозировать объемное распределение полей смещений и деформаций.

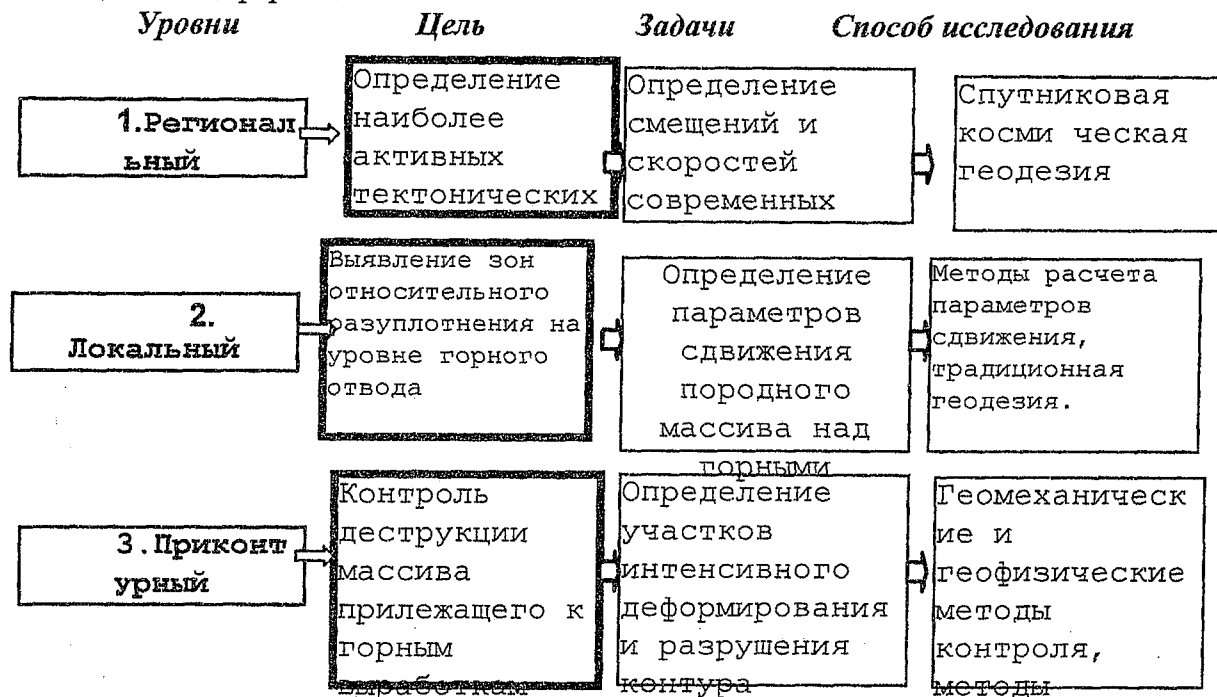


Рис. 1. Цели и задачи прогнозирования образования потенциальных каналов для распространения экологически опасных веществ в породном массиве

Третий уровень это непосредственно контроль приконтурной части породного массива на глубину, как правило, не превышающую 100 м от контура выработок. Для этого используется комплекс методов: математического моделирования (метод граничных элементов), геомеханические методы контроля состояния породного массива (метод глубинных реперов, маркшейдерские методы и др.), геофизические методы (сейсмический, сейсмоакустический и электрометрический) [2 и др.].

Не имея возможности привести в полной мере все результаты исследований, остановимся на одной закономерности поведения породных массивов, зарегистрированной практически на всех иерархических уровнях. Это цикличность в развитии во времени и пространстве процессов перераспределения полей напряжений, деформирования и разрушения горных пород при внешнем силовом воздействии техногенного или природного характера. Наблюдения за приконтурной частью породного массива основывались на следующих положениях.

1. Существует исходная иерархически структурированная геологическая среда, свойства и структура которой определяются историей формирования земной коры данного участка, состоящая из крупных структурных блоков в пределах которых происходит ответная реакция на внешнее силовое воздействие в виде изменения локальных полей напряжений вокруг микронеоднородностей

2. Структурные блоки, ограниченные контактными плоскостями ослабления, содержат несколько разновидностей неоднородностей более низкого ранга, которые являются концентраторами напряжений (микротрещины, поры и т.д.). При общих объемных сжимающих напряжениях, разрушение пород происходит за счет развития трещин нормального разрыва и зарождения системы трещин в некотором очаге. Образующиеся системы трещин ориентированы в направлении действия главных сжимающих напряжений.

3. Возрастание общего уровня напряжений приводит к образованию магистральных трещин и к возникновению структур более высокого ранга с последующим формированием объемного очага разрушения. Разрушение пород (скорость и объем) зависит от притока внешней энергии, которая определяется горно-геологическими условиями, силой техногенного воздействия и природно-тектоническими факторами. При невысокой скорости прироста напряжений происходит деформирование горных пород, а при превышении некоторого порога скорости нагружения – разрушение.

4. Индикатором реакции породного массива на внешнее воздействие являются параметры измеряемых физических полей, которые взаимосвязаны со свойствами и состоянием газо-флюидной среды в трещинах и межблоковом пространстве массива.

Исследования на подземных рудниках [2, 3] показали, что при взрывной отбойке в приконтурной части массива часто образуются упорядоченные структуры, связанные с реакцией нарушенного массива на циклическое изменение напряженного состояния приконтурной части. Поведение полей напряжений в приконтурной части массива оказалось похожим на так называемые синэнергетические процессы (от греч. *synenergetikos* – согласованно действующий), отличительной особенностью которых является возникновение *организованного поведения* хаотичных систем. Синэнергетический процесс упорядочения структуры полей напряжений и структуры массива в пространстве и времени в условиях действия тектонических сил проявляется особенно ярко. Периодичность развития процесса деформирования горных выработок по действием тектонических сил наглядно продемонстрирован в работе [2], где сопоставлены результаты многолетних наблюдений за деформацией выработок на урановом месторождении Ала-Таньга в Узбекистане. Периоды максимальных значений смещений совпадали во времени с максимальной тектонической активностью, одновременно резко возрастало количество и мощность случаев разрушения горных пород в виде стреляний и горных ударов.

Сам процесс перестройки полей напряжений характеризуется "волнообразной" во времени картиной, с периодами накопления напряжений и последующей разгрузки за счет разрушения отдельных структурных связей и образования магистральных трещин, которые могут служить каналами распространения экологически опасных веществ в окружающее пространство.

В целом можно отметить одну наиболее закономерность – зоны уплотнения и разуплотнения организуются так, что *ориентируются перпендикулярно* направлению действия максимальных сил, определяющих приток внешней энергии в приконтурную часть породного массива. Эти процессы зарегистрированы в зонах влияния лобных выработок, хотя интенсивность и скорость протекания на порядок ниже, чем при интенсивном техногенном воздействии или сильных тектонических напряжениях.

В горных камерах большого сечения объект " Красноярск-26" (высота до 60 м, ширина до 40 м) пройденных в конце 50-х годов для размещения ядерных технологий, проводились измерения смещения контура обделки камер и смещений глубинных реперов, заложенных на различных глубинах от обделки. Многократные замеры

смещений глубинных реперов с высокой инструментальной (до 0,01 мм) точностью, не подверженные воздействию взрывных работ, проводимых регулярно в течение более 40 лет, не позволяют сомневаться в достоверности и надежности экспериментальных данных. Можно отметить следующее. Смещение реперов представляет собой чередование отрицательных и положительных значений относительно контура обделки во времени. Причем отмечена зависимость цикличности процесса от степени нарушенности массива в пределах от 0,5 –1 лет до 7 лет. Этот процесс связан с накоплением в отдельных структурных неоднородностях напряжений и при превышении некоторого порога их разрушением с передачей напряжений соседним участкам. На рис. 2 представлен фрагмент записи смещения глубинных реперов по скважине 22. На нем ярко видна цикличность процессов смещения отдельных реперов, расположенных в интервале от 2 до 19 м. Т.к. каждый репер является индикатором состояния отдельных структурных блоков (доменов), то можно принять следующую модель механизма деформирования приконтурной части породного массива, основанную на представлении деформирования как синэнергетического процесса перестройки полей напряжений.

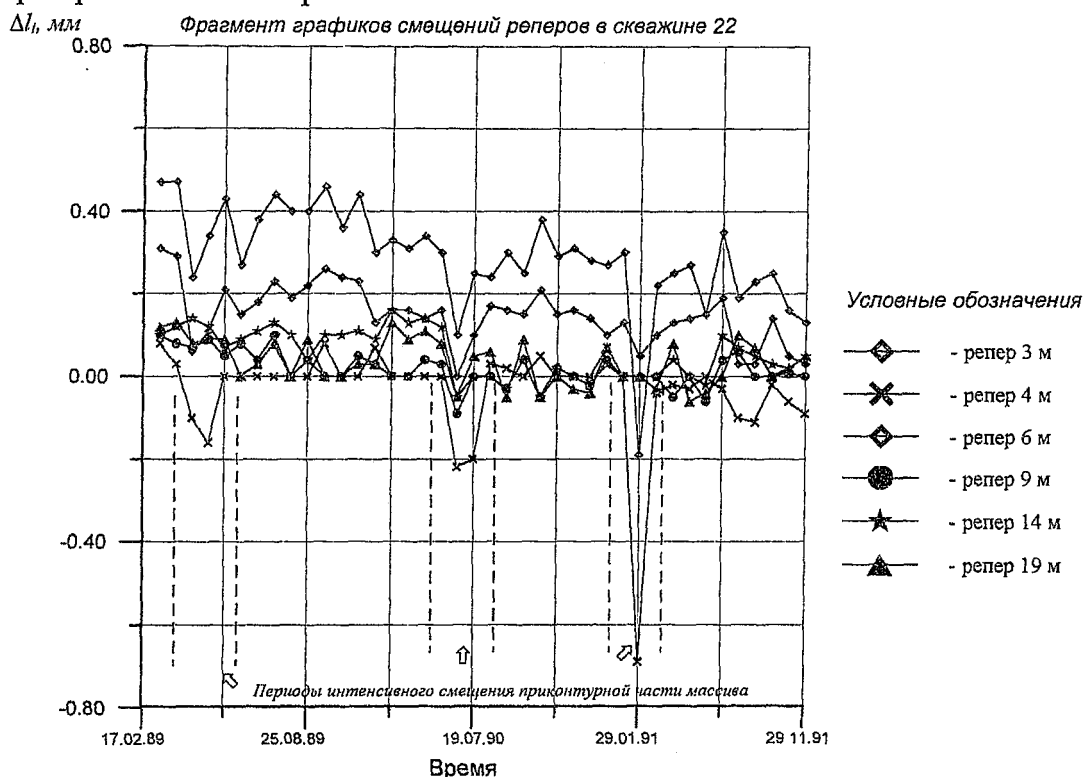


Рис. 2. Фрагмент графиков смещений реперов в скважине с периодами разгрузки приконтурной части породного массива

Подобный характер развития процессов смещения земной коры отмечается и при наблюдениях за глобальными движениями земной коры GPS-методами, а также описывается многими исследователями при подготовке мощных сейсмических событий. Таким образом, периодичность в развитии процессов самоорганизации полей напряжений и последующее деформирование породного массива является фундаментальным свойством геологической среды и связана с реакцией нарушенной среды на силовое воздействие. Амплитуда и частота периодов разгрузки и разгрузки связана с нарушенностью геологической среды и может служить критерием оценки ее стабильности и устойчивости на различных иерархических уровнях.

Эту закономерность целесообразно использовать в практических целях при проектировании и строительстве различных подземных объектов ЯТЦ, в которых предполагается размещение экологически опасных технологий и материалов, в том числе при захоронении радиоактивных отходов [4], строительстве подземных атомных станций и т.д.

Литература

1. Морозов В.Н., Татаринов В.Н. Прогнозирование процессов разрушения породных массивов при подземной разработке рудных месторождений и строительстве подземных сооружений. В сб. – Методические основы контроля состояния породного массива и прогноза динамических явлений. М., 1994. Национальный геоф. комитет. С.45–75.
2. Морозов В.Н., Татаринов В.Н., Буров И.Ю. Динамика процесса потери устойчивости горных выработок в нестационарных полях напряжений. Горный вестник. 1996. № 2. С.66–72.
3. Tatarinov V. N. Dynamics of spatial-temporal processes in peri-contour zone. 5th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics. FMGM99. 1–3 December 1999. Singapore. pp.589–593.
4. Morozov V.N., Tatarinov V. N. Assessment of Stability and Prediction of Isolation Properties of Rock Massif for disposal of High-Level Radioactive Waste. International Conference on Future Nuclear System. Nuclear Technology – Bridging the Millennia. GLOBAL '99. 1999. Jackson, Wyoming,

PHYSICO-CHEMICAL FEATURES OF WATERS AND BIOCOENOSIS OF A MEROMICTIC RESERVOIR IN THE YEARS 1981–1998 IN THE LEKNICA REGION (WESTERN POLAND) ŪDEŅU FIZIKĀLI ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS UN MEROMIKTISKAS ŪDENSTILPES BIOCENOZE 1981. – 1998. GADOS LEKNICAS REĢIONĀ

Bartłomiej Najbar

Polytechnic Zielona Góra, Institute of Sanitary Engineering,

Prof. Szafrana 15, Zielona Góra, Poland

T.: (0048) 683282571

Abstract. The research concerned the biggest, the deepest and the youngest (25 years old) acidotrophic reservoir located 4 km south-east from Łeknica. It was created as a result of brown-coal mining and opencast method. The present pyrite was the cause of significant acidifying and salinity of waters.

17 years of physico-chemical examinations of waters showed a progressive difference between mixo- and monimolimnion that is increase or decrease of such indicators as pH, redox potential, total iron, sulphate and others. First symptoms of ageing of the reservoir were visible.

Biological examinations showed paucity of plant and animal species living in this reservoir and a very slow development of biocoenosis.

The research concerned the biggest, the deepest and the youngest (25 years old) acidotrophic reservoir located 4 km south-east from Łeknica. It was created as a result of brown-coal mining and opencast method. The present pyrite was the cause for significant acidifying and salinity of waters.

17 years of physico-chemical examinations of waters showed a progressive difference between mixo- and monimolimnion that is increase or decrease of such indicators as pH, redox potential, total iron, sulphate and others. First symptoms of ageing of the reservoir were visible.

Biological examinations showed paucity of plant and animal species living in this reservoir and a very slow development of biocoenosis.

Key words: post-mining water reservoirs, meromixis, acidotrophic lakes.