

УДК 622.831

А.А. Яланский, С.И. Скипочка, Т.А. Паламарчук, В.П. Куринной

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ  
И ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ УРАНОВЫХ РУД

Институт геотехнической механики НАН Украины

*Рассмотрены некоторые аспекты современной концепции научных основ безопасного ведения горных работ, в частности, для замкнутого цикла добычи, переработки и хранения отходов урановых руд, в том числе и особенностей геомеханического мониторинга подземных геотехнических систем с учетом повышения экологической безопасности и экономической эффективности. Установлено, что наиболее весомым из всех источников излучения является тяжелый газ радон, который, по данным ООН, отвечает приблизительно за 75% годовой индивидуальной эквивалентной дозы, которую получает каждый человек. Представлены новые аппаратные разработки, основанные на учете микрофизических явлений, сопровождающих протекание геомеханических процессов, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых.*

**Ключевые слова:** безопасность горных работ, урановые руды, геофизический мониторинг, аппаратура.

Практика горных работ показывает, что методы и средства контроля опасных горно-геологических условий нуждаются в своем дальнейшем усовершенствовании в направлении выбора более информативных показателей с целью повышения безопасности и надежности ведения горных работ. Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова НАН Украины достиг определенных успехов в создании приборов и аппаратуры контроля свойств и состояния массива горных пород и разнообразных шахтных конструкций (крепления выработок и тому подобное), параметров шахтной атмосферы (характеристик проветривания, давления). Он имеет ряд разработок, которые прошли широкие натурные испытания, доведенные до промышленного выпуска, и используются на шахтах Украины, России и других государств. Среди них следует отметить шахтные и полевые приборы электрометрического контроля (ШИИС-3М, ИКС-1Ш), ультразвуковые («Керноскоп-2», УК-10ПМС) и виброакустические (ИСК-1Ш, ПВК-1, «Эридан») приборы по контролю характеристик движения воздуха в горных выработках АПР-2, микробарометры типа МБЦ и др. Разра-

ботаны, утверждены и изданы методические указания и руководящие отраслевые документы для экспресс-контроля прочностных и упругих свойств керна без его механической обработки, структурной нарушенности массива горных пород, напряженно-деформированного состояния системы крепь–массив.

Аппаратура и методические руководства позволяют контролировать видимые и закрытые расслоения в кровле и стенках горных выработок, оценивать их относительную устойчивость, выполнять контроль бетонного, набрызгбетонного, металлического и комбинированного крепления, свойств и состояния пространства вне крепи, полостей, тампонажных работ и анкерования при ремонте крепи, влагонасыщенности и фильтрационных процессов в массиве, разрушения пород, бетонной закладки и породных целиков.

В последние годы исследователи все больше обращают внимание на характерную причастность микрофизических явлений (электромагнитных, эмиссионных, эманационных, радиационных и др.) к процессам, происходящим в породном массиве. Особенно это важно при решении вопросов проблемы безопасности работ, таких как запыленность рабочих пространств, газовыделение и повышенная концентрация метана, выбросоопасность углепородного массива и его разрушение. Все эти проблемы нуждаются в оперативном и надежном контроле характерных показателей отмеченных вредных факторов и прогнозе возможных опасных ситуаций в пределах шахтного поля, крыла, участка и конкретного забоя.

В направлении дальнейшего развития методологии прогноза опасных проявлений в шахтах мы основывались на многолетних наблюдениях в шахтах, показывающих, что процессы, протекающие в массиве и атмосфере выработки, сопровождаются выделениями газа радона и продуктов его распада, которые могут регистрироваться как опасные или допустимые радиоактивные излучения. При этом характер излучения очень чувствителен к виду, масштабам, времени протекания и последствиям физических процессов, сопровождающих горные работы. Это свидетельствует о перспективности использования эманационных характеристик излучения для решения вопросов безопасности ведения горных работ.

Все это, безусловно, касается и разработки месторождений урановых руд.

В связи с этим современная концепция научных основ безопасного ведения горных работ, в частности, для замкнутого цикла добычи, переработки и хранения отходов урановых руд, в том числе и геомеханического мониторинга подземных геотехнических систем, безусловно, должна учитывать как экологическую, так и экономическую части проблемы [1, 2].

По данным МАГАТЭ, ресурсы урана в Украине оцениваются в 235 тыс. т. Они подразделяются на сингенетические, магматогенные и эпигенетические гидротермальные. Несмотря на широкое развитие сингенетических оруденений, промышленное значение имеют только объекты с крупными запасами и благоприятными горно-геологическими и географо-экономическими условиями. Эпигенетический гидротермальный подкласс представлен месторождениями, которые размещаются в местах тектоно-магматической ак-

тивации и связаны с мощными зонами приразломных щелочных метасоматитов, что повышает вероятность загрязнения окружающей среды во время и после отработки месторождения.

В связи с генетическими условиями накопления урана практически все урановые месторождения Украины, и не только Украины, – это месторождения сложной структуры. Урановая минерализация локализуется в виде пласто- или линзоподобных тел и разнообразных жил. Главное промышленное значение имеют залегающие от сотен метров до 1 км, особенно узловые зоны в местах пересечения тектонических структур.

В Днепропетровской области в Софиевском районе расположено Девладовское месторождение урановых руд. Отработка проводилась в 1962–1983 гг. методом подземного кислотного выщелачивания. Общая площадь участка 2350 тыс. м<sup>2</sup>. В ходе промышленной эксплуатации пробурено более 2 тыс. скважин и использовано около 50 млн м<sup>3</sup> раствора с концентрацией серной кислоты до 50 г/л с добавлением растворов азотной кислоты и азотистого аммония. В подземных горизонтах на глубине около 70 м осталось более 6 млн м<sup>3</sup> (7,8 млн т) отработанных кислотно-радиоактивных отходов. Кроме этого, только в Днепропетровской области находится 12 хвостохранилищ радиоактивных отходов, отсыпаны дорожные подушки радиоактивными шахтными породами, например, в г. Желтые Воды.

Основными загрязняющими компонентами являются природные радионуклиды: уран-238, торий-230, радий-226, полоний-218, свинец-210, а также ионы сульфатов и нитратов и газ радон.

В табл. 1 приведены данные об удельной радиоактивности некоторых радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах и почвах, и дозы, поглощаемые в атмосфере на высоте 1 м от поверхности земли.

Из анализа этих данных следует, что наивысшими значениями удельной радиоактивности и мощности дозы из вулканических пород характеризуются кислые породы (например, граниты)? из осадочных – сланцы, а из почв – серо-коричневые.

Содержание радионуклидов земного происхождения в почве определяется как активностью первичных пород, так и характером процессов почвообразования. На удельную активность природных радионуклидов в почве влияют: активность горных пород, из которых они образовались, процессы выщелачивания почв подземными водами, сорбция радионуклидов и некоторые другие факторы.

Энергия  $\gamma$ -излучения этих радионуклидов не превышает нескольких мегаэлектронвольт, поэтому она частично поглощается почвой. Основной вклад в дозу излучения над поверхностью земли вносят нуклиды, которые существуют в верхнем 30-сантиметровом слое почвы [3, 4].

Лишь недавно установлено, что наиболее весомым из всех источников излучения является тяжелый газ радон. По данным ООН, он отвечает приблизительно за 75% годовой индивидуальной эквивалентной дозы, которую получает каждый человек.

Таблица 1

Удельная активность некоторых радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах и грунтах, и доза, которая поглощается в атмосфере на высоте 1 м от поверхности земли

Типы пород и почв	Удельная активность $10^{-3}$ , мБк/кг			Мощность дозы, мкГр/год
	калий-40	уран-238	торий-230	
<b>Вулканические:</b>				
кислые	1000	60	80	0,12
промежуточные	700	20	30	0,06
магматические	240	10	10	0,02
ультраосновные	150	0,4	25	0,02
<b>Осадочные:</b>				
сланцы	700	44	45	0,08
песчаники	370	19	10	0,03
карбонаты	–	27	8	0,02
известняки	90	30	7	0,02
<b>Почвы:</b>				
серо-коричневые	700	28	41	0,07
сероземы	670	31	48	0,07
каштановые	550	27	37	0,06
черноземы	410	22	36	0,05
серые лесные	370	18	27	0,04
дерно-подзолистые	300	15	22	0,03
подзолистые	150	9	12	0,02
торфянистые	90	6	6	0,01

Радон – это инертный газ (Rn, плотность 9,9 г/л, температура кипения 61,8°C, не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха, не вступает в химические реакции ни с одним веществом), концентрация его в воздухе чрезвычайно мала, условно в километровом слое воздуха вмещается около 3 мм чистого газообразного радона.

Радон является также радиогенным газом, который образуется при распаде изотопов радия-226, радия-224 и радия-223 (отсюда его название), он не только радиогенный по происхождению, но и сам радиоактивен и довольно неустойчив: самый долгоживущий его изотоп радон-222 (радон) имеет период полураспада 3,8 сут., второй по «живучести» изотоп радон-220 (торон) – 54 с, а изотоп радон-219 (актинон) – всего 4 с. По энергетической дозе излучения газ радон приблизительно в 20 раз более значимый, чем торон. Актинон образуется в цепочке ядерных реакций при распаде урана-235, который в природных условиях встречается редко и в малых количествах, поэтому влиянием этого изотопа радона пренебрегают и при измерениях не учитывают.

С точки зрения радиационной опасности практически важное значение имеет радон, в меньшей степени – торон, и ничтожную роль играет актинон, если нет каких-либо особых условий для его накопления. Исключительно важное значение приобретает радон в урановых рудниках, где он может накапливаться в больших количествах.

Являясь инертным газом, эманация радона находится в атмосфере в атомарном состоянии. По-видимому, атомы эманации не присоединяются к ядрам конденсации (пылинкам, тяжелым ионам и т.п.) и поэтому непосредственно сами аэрозолей не образуют. Радиоактивные аэрозоли образуются в результате присоединения к ядрам конденсации продуктов распада эманации, состоящих из изотопов полония, висмута и свинца.

При распаде радон и дочерние продукты его распада выделяют  $\alpha$ -частицы, которые могут регистрироваться аппаратурой;  $\beta$ -частицы и  $\gamma$ -кванты при этом легко отсекаются за счет их меньшей энергии. Дочерние продукты распада радона: полоний-218 (RaA) имеет период полураспада 3,05 мин, свинец-214 (RaB) и висмут-214 (RaC) – соответственно 26,8 и 19,7 мин. Поэтому, чем больше RaA, тем более «свежий» газ. Это позволяет контролировать условия накопления газа метана (плотность 0,72 г/л, температура кипения  $-164,5$  °C), поскольку он, как и радон, не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха, обладает высокой диффузионной способностью и тоже заполняет все возможные пустоты, но, в отличие от радона, является взрывоопасным и тяжело контролируемым газом.

Радон ввиду своих уникальных особенностей является оптимальным индикатором при различных геологических и геотехнических исследованиях. При этом не требуются никакие дополнительные источники радона, а используется тот фоновый радон, который уже имеется в природных условиях, причем везде, без исключения.

Радон всегда есть в горном массиве, и поскольку он наиболее часто образуется из радия-226, период полураспада которого составляет 1617 лет, объем его образования за время проведения горных работ остается постоянным.

Диффузия радона в горном массиве и его выделение с поверхности определяются эффективным коэффициентом диффузии, который зависит от многих факторов. Наиболее важными из них являются пористость, проницаемость и трещиноватость горного массива, которые существенно зависят от его напряженно-деформированного состояния. Очевидно, что при сжатии массива проницаемость его снижается, а при разгрузке – увеличивается.

Поэтому динамические изменения концентрации радона в приповерхностном слое выработки будут однозначно отражать изменения напряженно-деформированного состояния породного массива в значительном объеме.

Скорость выделения радона и торона в атмосферу сильно зависит от типа почвы, времени суток, сезона и метеорологических условий (табл. 2). Из анализа этой таблицы видно, что наибольшая скорость эманации радона наблюдается на черноземных почвах, а наименьшая – на латеритных. Максимальная концентрация радона в атмосферном воздухе наблюдается в районах с подзолистыми, пустынными и горными почвами, а минимальная – над океанами и в районах с черноземными почвами.

Таблица 2

**Концентрация радона в атмосфере и скорость его эманации**

Район	Тип поверхности	Концентрация, Бк/м <sup>3</sup>	Скорость эманации, мБк/(м <sup>2</sup> ·с)
Австрия:			
Грац	Горный	7,0	20,0
Инсбрук	Горный	–	8,6
Франция	Подзолистый	9,3	19
Германия	Подзолистый	2,6	15,14
Япония	Латеритный	2,1	3,4; 8,8
США	Пустынный	8,9	34±3,4
	Чернозем	1,0	53
Страны СНГ	Подзолистый	6,3	15
	Чернозем	2,2	–
	Горный	–	19
Индийский океан	Водная	0,07	–
Северная Атлантика	Водная	0,2	–
Южная часть Тихого океана	Водная	0,07	–

Изменение концентрации дочерних продуктов распада радона в воздухе обусловлено радиоактивным распадом, присоединением свободных атомов дочерних короткоживущих продуктов распада к аэрозольным частицам, рекомбинацией, осаждением и седиментацией, перемещением в результате процессов диффузии и рядом других факторов. Все эти факторы приводят к сдвигу равновесия между материнскими радионуклидами радона и его короткоживущими продуктами распада. Наибольшая концентрация радона и торона наблюдается в приповерхностном слое атмосферы, с увеличением высоты она уменьшается (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение концентрации радона и торона в атмосферном воздухе с ростом высоты от поверхности земли**

Радон		Торон	
высота, м	концентрация	высота, м	концентрация
0,01	100	0	100
1	95	5	70
10	87	10	50
100	69	25	20
1000	38	50	5
7000	7	100	0,5

Для проведения натуральных измерений радиоактивного излучения разработан радиометр эквивалентной равновесной объемной активности радона РГА-09МШ (совместная разработка ИГТМ НАН Украины и ЗАТ «Тетра», г. Желтые Воды), в комплект которого включен автоматизированный сигнализатор метана «Сигнал 5» (совместная разработка кафедры аэрологии и охраны труда НГУ Министерства образования Украины



Рис. 1. Радиометр РГА-09МШ

и завода «Червоний металіст», г. Конотоп) (рис. 1). В основу принципа действия аппаратуры заложено измерение эквивалентной равновесной объемной активности радона и торона в воздухе, а также объемной активности (концентрации) дочерних продуктов распада радона: Po-218 (RaA), Pb-214(RaB), Bi-214 (RaC) при одно-

временном непрерывном контроле концентрации метана. При превышении допустимого уровня концентрации метана автоматически включается звуковой сигнал.

В табл. 4 приведен сравнительный анализ показателей приборов радиометрического контроля, разработанных различными разработчиками.

Таблица 4

**Сравнение показателей приборов радиометрического контроля**

Наименование показателя и единица измерения	Разработанный прибор РГА-09МШ	Лучший отечественный аналог ИВЗМ	Зарубежный аналог ATMOS-12Д
Одновременное измерение содержания газа радона и метана и по результатам измерения выдача сигнала предупреждения о взрывоопасности	+	–	–
Диапазон измерения ДПР радона и торона	От 0,3 до 10 <sup>4</sup> Бк/л для торона и от 5 до 10 <sup>5</sup> для радона	от 1·10 <sup>4</sup> до 1·10 <sup>7</sup>	от 60 до 5·10 <sup>7</sup>
Граница допустимой основной относительной погрешности измерения объемной активности, %	30	30	10
Длительность времени измерения, мин (определяется по методике Маркова)	15	4,27	20
Длительность времени подготовки к работе после включения прибора, с	15	30	60
Время непрерывной работы, ч	8	8	24
Возможность перепрограммирования для работы по другим методикам	+	+	+
Наличие программы самодиагностики	+	–	+
Количество органов управления, использованных при работе и настройке, шт.	3	6	9
Возможность связи с ПЭВМ	+	–	–

Уровень и вид взрывозащищенности воздухоудвки и искробезопасности прибора обеспечивается согласно ДСТУ 7113:2009 Взрывоопасная среда. Часть 0. Электрооборудование. Общие требования (IEC 60079-0:2007, МОД); степень защиты от внешних влияний (механическая прочность) – ГОСТ 22782.5-78.

Радиометр предназначен для измерения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в воздухе; ЭРОА торона в воздухе; объемной активности (концентрации) дочерних продуктов распада (ОА ДПР) радона в воздухе: Po-218 (RaA), Pb-214 (RaB), Bi-214 (Rac) в том числе с учетом наличия торона.

В основу принципа работы радиометра положены методы измерения Маркова и Томаса. Определение ЭРОА радона и торона в воздухе проводится трехточечным модифицированным методом Маркова–Герентьева и методом Томаса, который включает в себя последовательность таких операций:

- отбор проб аэрозолей из воздуха, осевших на фильтр путем прокачки воздуха через него;
- регистрация  $\alpha$ -излучения аэрозолей дочерних продуктов распада радона и торона, осевших на фильтр;
- расчет значений ЭРОА радона и торона.

Время измерения ОА ДПР радона-222 и ЭРОА радона-222 составляет соответственно: 15 мин по методу Маркова; 35 мин по методу Томаса.

Формулы, по которым выполняется расчет ОА ДПР радона и ЭРОА радона, приведены в документе «Методы расчета объемной активности ДПР радона и ЭРОА радона» ТЕ415313.006-0. Разработанный прибор позволяет анализировать 12 показателей радона и торона.

Информативные параметры можно разделить на основные и вспомогательные. Основные непосредственно измеряются разработанным прибором. Кроме того, можно определять:

- повышение соотношения  $\alpha$ -радиоактивности короткоживущих изотопов радона и торона к количеству выделенного метана, свидетельствующее о возрастании вероятности выбросов;
- повышение соотношения количества метана к объему подаваемого воздуха, свидетельствующее об увеличении газоносности угольного пласта;
- повышение общей радиоактивности при снижении соотношения  $\alpha$ -радиоактивности короткоживущих изотопов к  $\alpha$ -радиоактивности долгоживущих изотопов, свидетельствующее об увеличении общей запыленности шахтной атмосферы.

К вспомогательным информативным параметрам принадлежат: шумность (т. е. количество импульсов, возникающих в единицу времени или приходящихся на единицу длины проведенной выработки), параметры импульсов (частота, энергия, длительность и изменение их во времени), амплитуда, длительность и частота импульса отзыва на ударное действие, удельное электрическое сопротивление массива, параметры физико-



механических свойств горных пород и воздушной среды, напряженно-деформированного состояния породной среды и его трещиноватости, а также скорость газовой выделения, давление газа в массиве и газопроницаемость пород.

Комплекс основных и вспомогательных параметров контроля опасных и вредных факторов и явлений служит для их картирования и прогнозирования, в то время как сами основные информативные параметры необходимы для обеспечения текущего контроля.

Следует заметить, что получение необходимых характеристик проводится с выдачей сигналов на ПЭВМ.

В разработанном приборе применен функционально-модульный принцип построения схемы прибора, позволяющий добиться высоких показателей унификации, надежности и ремонтпригодности. Использование микроконтроллера и современной элементной базы позволило разработать принципиальную схему прибора, не имеющего аналога в мире по следующим параметрам [2]:

- компактность (аналогичные приборы значительно уступают ему по габаритным размерам и массе);
- искро- и пожароопасность, позволяющая использовать его в условиях угледобывающих шахт;
- возможность подключения к нему внешних чувствительных элементов (например, анализатора метана АТЗ-1), значительно расширяющих его функциональные возможности.

Таким образом, прибор РГА-09МШ превосходит аналогичные устройства современного мирового уровня по компактности и функциональности, а по метрологическим параметрам не уступает лучшим отечественным аналогам. Он является полностью экологически безопасным, поскольку не использует никаких радиоактивных веществ, ничего не излучает ни в акустическом, ни в электромагнитном, ни в радиационном диапазонах волн, а использует лишь полупроводниковые датчики, чувствительные к окружающему излучению. Прибор характеризуется высокой надежностью и работоспособностью в тяжелых шахтных условиях [2, 5].

Для опытного образца аппаратуры разработана конструкторская документация. Она согласована в МакНИИ и является неотъемлемой составляющей вывода экспертизы МакНИИ № 232.09.00.378.07 от 18.12.2007 г. о соответствии радиометра требованиям нормативно-правовых актов по охране труда и промышленной безопасности и возможности его допуска к приемным испытаниям в шахтах, опасных по газу и/или пыли.

С помощью разработанной аппаратуры выполнены натурные исследования по измерению радона на шахтах Кривбасса [6] и на шахте им. А.Ф. Засядько, которые свидетельствуют, что наиболее опасными по содержанию радона являются выходные вентиляционные потоки, причем на шахтах Кривбасса они значительно выше (табл. 5).

Таблица 5

Объемная активность радона на шахтах Кривбасса и Донбасса

Шахты	Объемная активность радона, Бк/ м <sup>3</sup>		
	подготовительные забои	очистительные забои	исходные вентиляционные потоки
«Первомайская»	30–104	117–1500	965–3030
им. Ленина	46–431	125	426
«Гвардейская»	128–330	178	320–4930
«Юбилейная»	296–1040	514–645	–
«Октябрьская»	49–60	35	67–297
«Родина»	141–349	428	148–1790
им. Кирова	310–938	367–755	377–865
«Гигант-2»	139–325	576–1230	340–3060
им. А.Ф. Засядько	5–50	10–70	50–110

В соответствии с «Руководством по оценке и контролю радиационной обстановки на угольных шахтах. КД 12.5.005-94» и «Нормами радиационной безопасности НРБ-76/87» шахтеры Украины отнесены к ограниченной части населения (категория Б), для которой установлен предел дозы за календарный год, равный 0,5 бэр (биологический эквивалент рентгена) для всего тела. Нормативное годовое время облучения для шахтеров принято равным 1700 ч в год, а годовой объем вдыхаемого рудничного воздуха – 2500 м<sup>3</sup>/год. Указанный выше предел дозы не будет превышен, если среднегодовой уровень только по одному опасному фактору на рабочем месте не превзойдет следующего значения: 110 Бк/м<sup>3</sup> для  $\alpha$ -частиц или 50 мкР/ч для  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -излучения.

Поскольку запасы уранового сырья ограничены, руды дорогие (40–80 USD/кг), а вред от радиоактивных отходов с учетом времени их полураспада соизмерим с полезностью (а в будущем может и многократно превзойти полезность), то отработку урановых месторождений в идеале необходимо производить с полной твердеющей нерастворимой закладкой выработанных пространств и с 100%-ным использованием для этого «пустых пород» и радиоактивных отходов, в том числе и радиоактивной металлической крепи.

1. *Ляшенко В.И.* Безопасность горных работ – надежное геомеханическое и приборное обеспечение / В.И. Ляшенко, С.И. Скипочка, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – №9. – С. 68–76.
2. *Радиометр* эквивалентной равновесной объемной активности радона РГА-09МШ. Руководство по эксплуатации: АЖАХ.412123.08РЭ. – Желтые Воды: Тетра, 2007. – 23 с.
3. *Источники и действия ионизирующей радиации.* – Доклад НКДАР ООН по действию атомной радиации за 1977 г. на Генеральной Ассамблее. – Том 1. – Нью Йорк. – 1978. – 430 с.
4. *United Nations. Ionizing radiation: levels and effects.* United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation. – Report to the General Assembly. – New York, 1972. – 392 p.

5. *Голинко В.И.* Контроль взрывоопасности горных выработок шахт / В.И. Голинко, А.К. Котляров, В.В. Белоножко. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – 208 с.
6. *Гагауз П.Г.* Радіаційна обстановка на шахтах Кривбасу / П.Г. Гагауз, В.М. Куроченко, Ю.М. Чарока, О.І. Молчанов, О.М. Беднарчук // Охорона праці на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. – Кривий Ріг: НДБПГ, 1998. – №8. – С. 3–9.

*А.О. Яланський, С.І. Скіпочка, Т.А. Паламарчук*

### **ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ГЕОФІЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИДОБУТКУ, ПЕРЕРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ УРАНОВИХ РУД**

Розглянуто деякі аспекти сучасної концепції наукових основ безпечного ведення гірничих робіт, зокрема, для замкнутого циклу видобутку, переробки та зберігання відходів уранових руд, у тому числі й особливості геомеханічного моніторингу підземних геотехнічних систем з урахуванням підвищення екологічної безпеки й економічної ефективності. Встановлено, що найвагомим з усіх джерел випромінювання є важкий газ радон, який, за даними ООН, відповідає приблизно за 75% річної індивідуальної еквівалентної дози, що одержує кожна людина. Представлено нові апаратурні розробки, засновані на обліку мікрофізичних явищ, які супроводжують протікання геомеханічних процесів, що виникають при розробці родовищ корисних копалин.

**Ключові слова:** безпека гірничих робіт, уранові руди, геофізичний моніторинг, апаратура

*A.A. Yalancky, S.I. Skipochka, T.A. Palamarchuk*

### **ABOUT SOME FEATURES OF GEOPHYSICAL MONITORING OF THE STATE OF UNDERGROUND BUILDING WITH TARGET OF SAFETY INCREASE BOOTY, PROCESSING AND STORAGE OF URANIUM ORES'ES WASTES**

Some aspects of modern conception of scientific bases of safe conduct of mining works are considered, in particular, for the reserved cycle of booty, processing and storage of wastes of uranium ores, including features of the geomechanical monitoring of the underground geotechnical systems taking into account the increase of ecological safety and economic efficiency. It is set, that most ponderable from all radiation there is heavy gas the radon, which from data of UNO answers after 75% annual individual equivalent dose, which is got by everybody. New apparatus developments, based on the account of the microphysical phenomena, accompanying the flowline of geomechanical processes arising up at development of useful of minerals deposit.

**Keywords:** safety of mining works, uranium ores, geophysical monitoring, apparatus