

**А.Л. Полудин, Е.Н. Полудина**

## **ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ, ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИИ УРАНА В ПОЧВЕ ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕСТАХ**

**A.L. Polydin, E.N. Polydina**

### **Specific Features of Accumulation, Reallocation and Migration of Uranium in Soil after the Gas-Dynamic Tests**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

**Цель:** Исследовать особенности перераспределения и миграции урана в почвах, как результат хозяйственной деятельности ВНИИТФ.

**Материал и методы:** Закладывались почвенные разрезы с учётом элементарных геохимических ландшафтов. В исследуемых образцах проб проводилось последовательное селективное выделение физико-химических форм урана и последующий их анализ спектрофотометрическим методом с использованием трибутилфосфата и арсеназо III. Определялись основные физические и химические свойства почвы, определяющие особенности почвы как депонирующей среды.

**Результаты:** Показатели кислотности почвы и окислительно – восстановительного потенциала характеризуют почву как среду, способствующую вымыванию урана, при этом в почвах субаквальной позиции происходит восстановление урана до  $U^{4+}$  и его осаждение.

В почвах элювиальной позиции содержание урана достигало 260 мг/кг, в почве супераквальной позиции – 350 мг/кг, почве субаквальной позиции 64 мг/кг. Данное содержание урана более чем в 1700 раз превышает содержание урана «фонового» участка, но не превышает установленные контролируемые уровни.

В почвах элювиальной и супераквальной позиции преобладает кислоторастворимая форма урана (форма, связанная преимущественно с полуторными оксидами). Только в верхних горизонтах почвы супераквальной позиции уран связан в основном с водорастворимыми карбонатами. В почвах субаквальной позиции уран находится преимущественно в подвижной форме, которая характеризуется как рН зависимая, причем уран вымывается из профиля почвы в форме растворимых карбонатов.

Доля потенциально подвижной формы урана в исследуемых почвах достигает 90 %. Распределение этой формы на исследуемой территории связано с фильтрующей способностью почв и их окислительно-восстановительным режимом.

Уран находится во всех почвах, главным образом, в наиболее распространённой фракции 1– 0,05 мм, где его доля достигает 90 %.

**Ключевые слова:** долгоживущие радионуклиды, уран, формы нахождения, почвы, фракционный состав

**Purpose:** To investigate the features of reallocation and migration of uranium in the soil as a result of economic activity of VNIITF.

**Material and methods:** Lays the soil profiles in view of the elementary geochemical landscapes. The test samples of samples are carried out consecutively selective allocation of physical and chemical forms of uranium and the subsequent analysis by spectrophotometric method using tributyl phosphate and arsenazo III. Defines the basic physical and chemical properties of the soil, the soil defining features as storage medium.

**Result:** Indicators of soil acidity and oxidation–reduction potential characterize the soil as an environment conducive to leaching of uranium in soils subaqueous position – there is a restoration of uranium to  $U_4^+$  and his deposition.

In soils of eluvial position uranium content reached 260 mg / kg in the soil supraequal position – 350 mg / kg soil subaqueous position 64 mg / kg. This uranium content of more than 1700 times the content of uranium background portion, but does not exceed the controlled levels.

In soils of eluvial and supraequal position prevails acid-soluble forms of uranium (form, mainly due to sesquioxide). Only in the upper soil horizons supraequal position uranium associated mostly with water-soluble carbonates. In subaqueous soils position uranium is preferably in the form of a mobile, which is characterized as pH dependent and uranium leached from the soil profile in the form of soluble carbonates changes in environmental conditions.

The proportion of potentially mobile forms of uranium in these soils reaches 90 %. This form of distribution in the study area due to the filtering ability of soils and their oxidation–reduction regime. Uranium is found in all soils, mainly in the most common fractions of 1– 0.05 mm, where its share reaches 90 %.

**Key words:** long-living radionuclides, uranium, forms of occurrence, soil, fractional composition

### **Введение**

Всероссийский НИИ технической физики им. академика Е.И. Забабахина (ВНИИТФ) в процессе своей деятельности проводит нерегулярные разовые выбросы урана. Фактический годовой выброс урана не превышает установленные нормативы предельно-допустимых выбросов.

Тем не менее, встаёт проблема проведения радиационного контроля зоны влияния ВНИИТФ. В НРБ 99/2009 под радиационным контролем понимается

«получение информации о радиационной обстановке в организации, окружающей среде и об уровнях облучения людей» [1]. В законе «О радиационной безопасности населения» [2] дано более широкое определение радиационного контроля (статья 11), под которым понимают не только получение информации, но и регулирование, управление радиационной обстановкой, обеспечение информационной поддержки управления радиационной безопасностью. Кроме того, радиационному контролю подлежат «вы-

ВНИИ технической физики им. академика Е.И. Забабахина, Снежинск, Россия. E-mail: anderggg@mail.ru

E.I. Zababakhin Russia Research Institute of Technical Physics, Snezhinsk, Russia. E-mail: anderggg@mail.ru

бросы в атмосферу, создаваемые технологическим процессом на рабочих местах и в окружающей среде» (НРБ 99/2009 п. 7.2) [1].

В этой связи актуализируется вопрос об исследовании буферной особенности почвы, как основной компоненты экосистемы депонирующей выбросы. Показателями состояния химических элементов в почвах служат содержание и соотношение их соединений. Исследования состава соединений металлов в почвах и механизмов их трансформации имеют более чем полувековую историю, но актуальность их растёт, поскольку обусловлена необходимостью получения адекватной оценки сегодняшнего состояния загрязнённых почв, прогноза их изменения и поиска путей их рекультивации [3].

Содержание урана в почвах мира изменяется в широких пределах – от 0,1 мг/кг (зона с избыточным увлажнением) [4] до 11 мг/кг [5]. Среднее содержание урана для серых лесных почв составляет 2 мг/кг [6]. Контрольный показатель содержания урана в почве составляет 1 г/кг [7]. Содержание урана «фоновое» участка района исследований составляет 0,2 мг/кг, что объясняется особенностями климата (коэффициент увлажнения составляет 1,8) [8].

С другой стороны, свойства почвы как сорбента и основной депонирующей среды, заслуживают отдельного внимания. На подвижность урана оказывает влияние кислотность почвы и окислительно-восстановительный потенциал [4], а также ее показатель  $\text{rH}_2$ , предложенный У.М. Кларком для получения сравнимых данных по окислительно-восстановительным условиям в почвах с различной реакцией среды и позволяющий оценивать скорость и интенсивность протекания процессов окисления или восстановления [9]. Почвы, имеющие более тяжёлый гранулометрический состав (глинистые), лучше аккумулируют тяжёлые металлы, чем лёгкие (песчаные). Водные её свойства определяют перенос радионуклидов с почвенной влагой свободных и адсорбированных ионов [10].

### Материал и методы

Исследование проводилось на территории Челябинской области. Место отбора проб – территория ВНИИТФ, которая в рамках административно-территориального деления относится к Каслинскому району Челябинской области, а с точки зрения зонального деления – к горнолесной зоне [11].

Для исследования особенностей миграции исследуемых элементов системы почва-ландшафт при географическом подходе почвы рассматриваются на уровне педона («профиля» почвы), которые формируют элементы ландшафта, именующиеся катенами (сочетание почв в рядах на склонах) [12].

Пробы из почвенных разрезов вынимали слоями с учётом глубины, после чего высушивали до воздуш-

но-сухого состояния и просеивали через сито с ячейками 1 и 3 мм с определением плотности почвы [13]. Определение гранулометрического состава проводилось методом пипетки. Рассчитывался коэффициент фильтрации по Козени [14].

Помимо определения массы фракции анализировалось содержание урана [15]. Кислотность почвы (актуальная и обменная), а также окислительно-восстановительный потенциал, плотность почвы и плотность твёрдой фазы почвы определялись стандартными методами [16].

Также проводилось определение физико-химических форм урана в исследуемых почвах. Выделялось 6 форм урана: обменная (выщелачивалась 1М  $\text{CH}_3\text{COONa}$  при pH водной вытяжки), подвижная (1М  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , pH = 5), восстанавливаемая (0,04М  $[\text{NH}_3\text{OH}]\text{Cl}$ , pH = 2), окисляемая (0,008М  $\text{HNO}_3$ , pH = 2), кислоторастворимая (7М  $\text{HNO}_3$ ) и остаточная ( $\text{HF} + \text{HNO}_3$ ). Обменная и подвижная формы выщелачивают преимущественно уран, связанный с водорастворимыми карбонатами, восстанавливаемая – преимущественно с глинистыми минералами, окисляемая – с органическим веществом почвы и кислоторастворимая – с полуторными оксидами, тогда как остаточная форма урана связана с кристаллической решеткой минеральной компоненты почвы и не выщелачивается в рамках данной методики. Кислоторастворимая и остаточная форма условно не подвержены вымыванию из почвенного профиля [17, 18]. Определение содержания урана в различных вытяжках проводили спектрофотометрическим методом с использованием трибутилфосфата и арсеназо III [19].

### Результаты и обсуждение

Исследуемые серые лесные почвы характеризуются преобладанием фракции песка (1–0,05 мм), которая составляет 83 % в почвах супераквальной и субаквальной позиции в почвах. Данная почва характеризуется как супесчаная (рис. 1). Плотность (табл. 1) почв элювиальной и супераквальной позиции находится в диапазоне от 1,8 до 2,2 г/см<sup>3</sup> в верхних горизонтах почвы и характеризуется как сильно уплотнённая и непроницаемая для воды. Исключение составляет верхний слой торфяной залежи (плотность которой 0,67 г/см<sup>3</sup>), что связано с высоким содержанием органического вещества. Пористость для всех разрезов характеризуется как чрезвычайно низкая.

Для почв элювиальной и супераквальной позиции коэффициент фильтрации находится в диапазоне от 0,2 до 0,6 см/сутки и характеризуется как исключительно низкий, что характерно для водоупоров. Для почв субаквальной позиции (до 119 см/сут) он описывается как высокий.

Таблица 1

## Данные физических, химических свойств исследуемых почв

№	Глубина, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Плотность твёрдой фазы почвы, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Кэф. фильтр, см/сутки (КФ)	Содержание урана, мг/кг	ОВП, мВ	pH	гН <sub>2</sub>
Почвы элювиальной позиции									
1	2	1,9	2,4	20,5	0,4	110,1±17,6	320,3	6,8	24,3
2	6	2,2	2,6	17,0	0,2	260,0±41,6	311,6	7,4	25,2
3	17	2,4	2,6	8,9	0,1	258,2±41,3	300,1	6,9	23,8
4	25	2,5	2,6	3,4	0,0	35,1±5,6	324,5	6,2	23,2
5	40	2,7	2,7	1,1	0,0	30,8±4,9	318,2	6,6	23,8
Почвы супераквальной позиции									
6	6	1,9	2,4	23,5	0,7	212,3±34,0	185,9	6,5	19,2
7	10	2,1	2,6	18,1	0,3	350,8±26,1	216,4	7,3	21,8
8	25	2,2	2,7	16,0	0,2	344,0±55,0	234,1	6,8	21,4
9	40	2,7	2,7	0,6	0,0	30,2±4,8	228,5	6,2	20,0
Почвы субаквальной позиции									
10	10	0,7	1,9	63,9	119,2	64,1±10,3	214,7	6,4	20,0
11	22	1,1	2,1	47,8	15,9	50,2±8,0	188,6	5,3	16,9
12	37	2,1	2,4	10,9	0,04	36,2±5,8	154,3	5,1	15,3

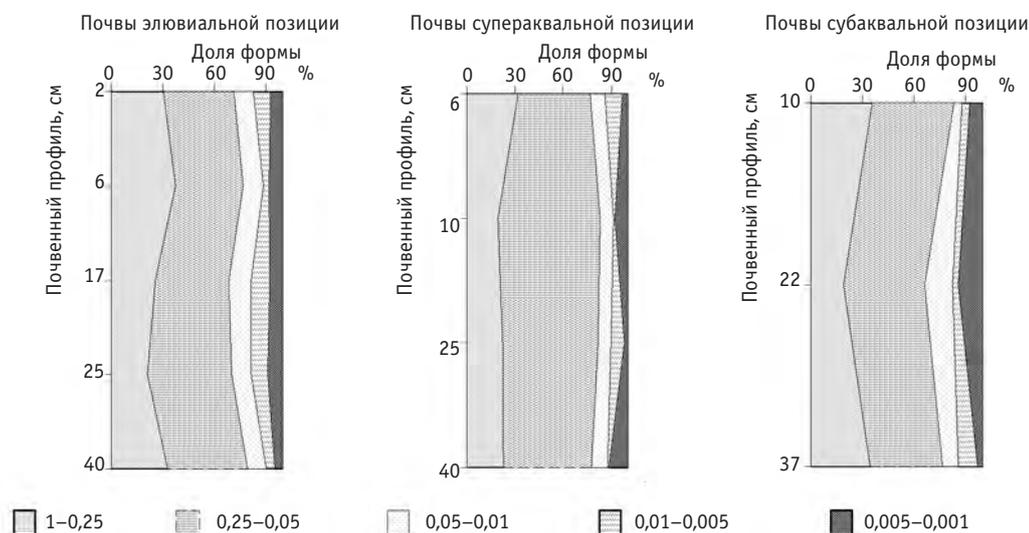


Рис. 1. Данные гранулометрического состава исследуемых почв

Кислотность почв элювиальной и супераквальной позиции находится в диапазоне от 6,5 до 7,4 и определяется как нейтральная. Окислительно-восстановительный режим для этих почв – умеренно-восстановительный. Для почвы субаквальной позиции, затопленной грунтовыми водами, кислотность слабо-среднекислая при наличии процессов интенсивного восстановления. Показатель гН<sub>2</sub> характеризует интенсивность протекания процессов восстановления, свидетельствуя о периодическом создании восстановительной обстановки для почв элювиальной и трансэлювиальной позиции, протекании восстановительных процессов с высокой интенсивностью в почвах субаквальной позиции. Данные условия среды для почв элювиальной и супе-

раквальной позиции способствуют вымыванию урана из профиля почвы, а почв для субаквальной позиции – его осаждению [4].

Содержание урана представлено в табл. 1. В почвах элювиальной позиции содержание урана достигает 260 мг/кг, в почве супераквальной позиции – 350 мг/кг и супераквальной позиции – 64 мг/кг. Данное содержание урана более чем в 1700 раз превышает содержание урана «фонового» участка. Формы нахождения урана представлены на рис. 2. В почвах элювиальной и супераквальной позиции преобладает кислоторастворимая форма урана. Уран этой формы связан, преимущественно, с полуторными оксидами. Только в верхних горизонтах почвы супераквальной позиции уран связан, главным образом, с водорас-

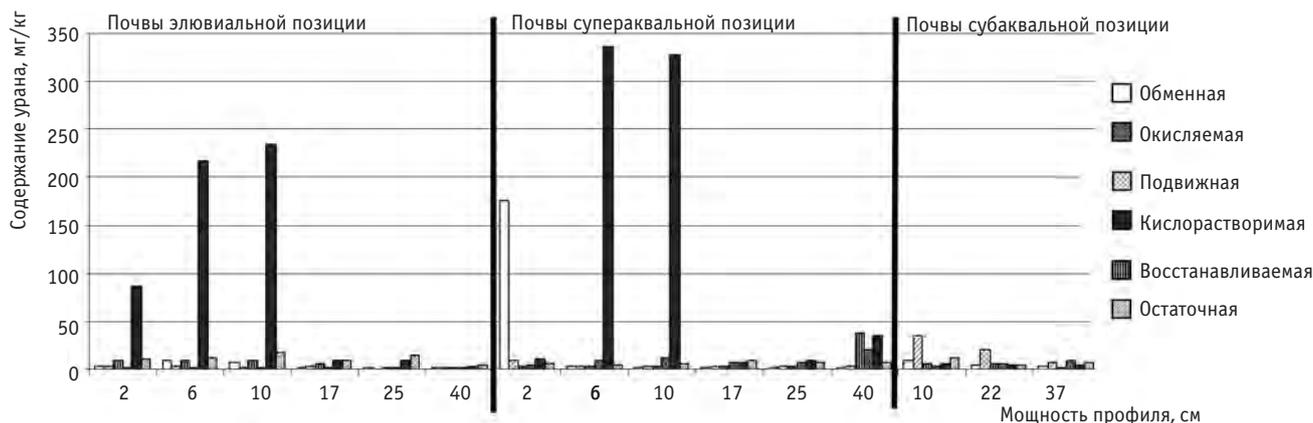


Рис. 2. Формы нахождения урана в пробах исследуемых почв (мг/кг)

творимыми карбонатами. В почвах субаквальной позиции уран находится преимущественно в подвижной форме, которая характеризуется как рН зависимая. Этот уран вымывается из профиля почвы в форме растворимых карбонатов при изменении условий среды. Доля потенциально подвижной формы (сумма форм обменной, подвижной, восстанавливаемой, окисляемой к общему содержанию урана) для почв элювиальной позиции находится в диапазоне от 8 до 41 %, супераквальной позиции – от 5 до 91 %. и субаквальной позиции – от 62 до 79 %. Преобладание потенциально мигрирующей формы в почвах супераквальной позиции, вероятнее всего, связано с особенностями окислительно-восстановительного потенциала данной территории, способствующей миграции урана и подчинённому положению этой формы рельефа. Наличие в верхнем слое почвы супераквальной позиции потенциально мигрирующей формы, достигающей 91 %, обусловлено перераспределением данного элемента с поверхностным стоком в подчинённые формы рельефа при наличии низких коэффициентов фильтрации, способствующих минимизации перераспределения потенциально под-

вижной формы урана с грунтовыми водами в профиле исследуемых почв.

Фракционный состав урана исследуемых почв представлен на рис. 3. Уран находится во всех почвах в наиболее распространённой фракции 1–0,05 мм, где его доля достигает 90 %. Уран фракции 0,25–0,05 мм сконцентрирован в почвах супераквальной позиции, где его содержание превышает содержание урана элювиальной и субаквальной позиции в 5 раз и достигает 100 мг/кг. В почвах субаквальной позиции также преобладает фракция 1–0,25 мм, а в затопленном горизонте фракция 0,01–0,005 мм.

### Выводы

1. Почвы имеют лёгкий гранулометрический состав и плохо задерживают поллютанты. Коэффициент фильтрации для почв элювиальной и супераквальной позиции характеризуется как исключительно низкий, характерный для водоупоров, а для почв субаквальной позиции – высокий. Это обусловлено плотностью исследуемой почвы, изменённой под влиянием хозяйственной деятельности человека.

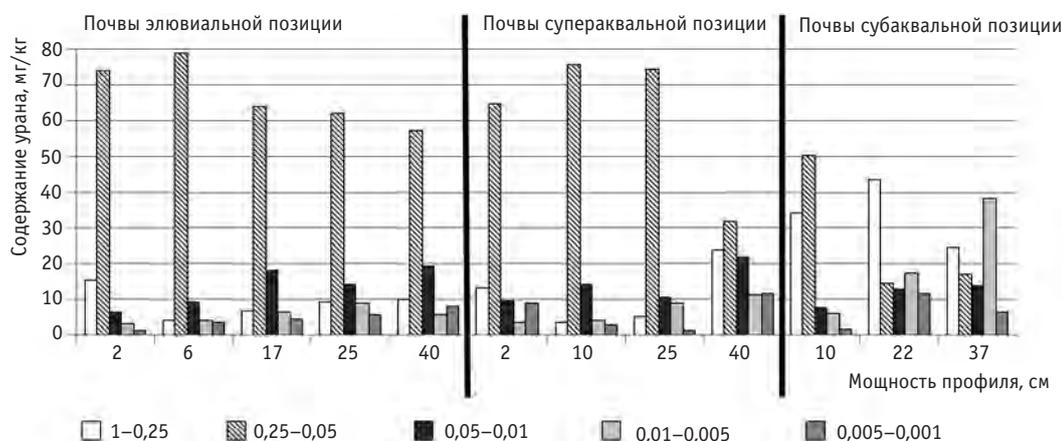


Рис. 3. Данные фракционного состава урана в исследуемых почвах (в % к общему содержанию данного элемента)

2. Показатели кислотности почвы и окислительно-восстановительного потенциала характеризуют почву как среду, способствующую вымыванию урана. В почвах субаквальной позиции происходит восстановление урана до  $U^{4+}$  и его осаждение.

3. В почвах элювиальной позиции содержание урана достигает 260 мг/кг, в почве супераквальной позиции — 350 мг/кг и почве субаквальной позиции — 64 мг/кг. Данное содержание урана более чем в 1700 раз превышает содержание урана «фонового» участка, но не превышает установленные контролируемые уровни.

4. В почвах элювиальной и супераквальной позиции преобладает кислоторастворимая форма урана (форма, связанная преимущественно с полуторными оксидами). Только в верхних горизонтах почвы супераквальной позиции уран связан, главным образом, с водорастворимыми карбонатами. В почвах субаквальной позиции уран находится преимущественно в подвижной форме, которая характеризуется как рН зависимая и вымывается из профиля почвы в форме растворимых карбонатов при изменении условий среды.

5. Доля потенциально подвижной формы урана в исследуемых почвах достигает 90 %. Распределение этой формы на исследуемой территории связано с фильтрующей способностью почв, их окислительно-восстановительным режимом и рельефом данной местности.

6. Уран находится во всех почвах в наиболее распространённой фракции 1–0,05 мм, где его доля достигает 90 %, и сконцентрирован в почвах супераквальной позиции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 100 с.
2. О радиационной безопасности населения: ФЗ от 19.07.2011 № 242 ФЗ // Южноуральская панорама от 19.07.2011. 12 с.
3. Минкина Т.И. Соединения тяжёлых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов. — Ростов-на-Дону: Колосс. 2008. 24 с.
4. Евсеева Л.С., Перельман А.И. Геохимия урана в зоне гипергенеза. — М.: Государственное издательство литературы в области науки и техники. 1962. 239 с.
5. Источники, эффекты и опасность по действию атомной радиации. Доклад научного комитета ООН по действию атомной радиации Генеральной ассамблеи за 1988 г. НКДАР ООН. — М.: Мир. 1993. 728 с.

6. Пределы поступления радионуклидов для работающих с радиоактивными веществами в открытом виде. Публикация 30 МКРЗ. Часть 3. — М.: Энергоатомиздат. 1984. 540 с.

7. СП 2.6.6.1168-02. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами. Санитарные правила. — М.: Минздрав России. 2003. 40 с.

8. Оценка воздействия на окружающую среду от применения ядерных материалов при проведении НИР и ОКР в ФГУП «РФЯЦ — ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина» [Электронный ресурс]. Снежинск, 2012. 34 с. Режим доступа: <http://www.vniitf.ru>

9. Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Кауричев И.С., Игнатъев Н.Н. Общее почвоведение. — М.: КолосС. 2006. 456 с.

10. Бекман Н.Н. Экологическая радиохимия и радиоэкология. Радиохимия IV. — М.: ОНТОПРИНТ. 2015. 399 с.

11. Козаченко В.П. Обоснование приёмов рационального использования, обработки и мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области. — Челябинск: ЧелГУ. 1999. 134 с.

12. Яшин И.М., Шилов Л.Л., Раскатов В.А. Методология и опыт изучения миграции вещества — М.: Издательство МСХА. 2001. 173 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985, 351 с.

14. Вадюнина А.Ф., Корчагина В.А. Методы определения физических свойств и грунтов. — М.: Высшая школа. 1961. 345 с.

15. Смирнова Е.А. Выщелачивание радионуклидов из почвы и частиц радионуклидных выпадений 30-километровой зоны ЧАЭС // Труды Радиового института им. В.Г. Хлопина. 2009. № 14. С. 311–317.

16. Синявский В.А. Физические, физико-химические и химические методы анализа в экологии почв. — Челябинск: ЧелГУ. 2004. С. 36.

17. Уралбеков Б.М., Сатыбалдиев Б.С., Назаркулова Ш.Н. Уран и радий в минеральных составляющих почв месторождения Курдай // В сб.: «Материалы международной конференции по аналитической химии и экологии». — Алматы: КазНУ. 2010. С. 86–93.

18. Tessier A. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals // Analytical Chemistry. 1979. № 51, P. 844–851.

19. Марей Н.А., Зыкова А.С. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. — М.: Вторая типография. 1980. 336 с.

Поступила: 14.09.2015

Принята к публикации: 18.05.2016

**Н.А. Метляева, А.Ю. Бушманов, В.И. Краснюк, Е.Э. Западинская,  
О.В. Щербатых, М.В. Болотнов**

**ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ  
КАДРОВЫХ ВОЕННЫХ И ПЕРСОНАЛА ЧАЭС, УЧАСТВОВАВШИХ  
В ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ НА ЧАЭС В 1986–1987 гг.**

**N.A. Metlyaeva, A.Yu. Bushmanov, V.I. Krasnuk, E.Eu. Zapadinskaya,  
O.V. Scherbatic, M.V. Bolotnov**

**Features of Psychophysiological Adaptation of Military Personnel  
and Personnel of ChNPP, Participated in the Liquidation of the  
ChNPP Accident in 1986–1987**

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

**Цель:** Оценка эффективности психофизиологической адаптации кадровых военных и персонала ЧАЭС, участвовавших в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986–1987 гг.

**Материал и методы:** Обследовано 3 группы участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, всего 10 человек. 1-ю группу составили 4 военных инженера-химика (кадровые военные, полковники). 2-я группа представлена двумя вертолетчиками и одним инженером-испытателем воздушных судов. 3-я группа – персонал ЧАЭС: физик-ядерщик, главный инженер ЧАЭС, начальник смены электроцеха № 1–2 блока, работавшие с мая 1986 г. по подготовке к пуску и эксплуатации блоков ЧАЭС. Дозы внешнего равномерного гамма-бета-облучения в 1-й группе зарегистрированы в пределах 90–376 мЗв, во 2-й – до 250 мЗв, в 3-й – 560–250 мЗв.

**Результаты:** Подъем уровня профиля ММИЛ выше 80 Т-баллов выявлялся у лиц 1-й группы по шкале 1Нs–95,38 Т-баллов невротической триады и свидетельствовал о перенапряжении психической адаптации, обусловленной обеспокоенностью состоянием здоровья, ипохондрическими тенденциями. Подъем показателей по шкале 2D–68,80 и 3Hy–72,4; Т-баллов указывал на напряжение психофизиологической адаптации, обусловленное тревожно-демонстративным поведением. Высокий уровень профиля ММИЛ у лиц 2-й группы указывал на перенапряжение психической адаптации, обозначенный подъемом показателей выше 80 Т-баллов как невротической (1Нs–94,50; 2D–77,60; 3Hy–80,83 Т-баллов), так и психотической триады (6Pa–75,80; 7Pt–68,30; 8Sch–81,26 Т-баллов) с относительным снижением показателя шкалы 9Ma–61,16 Т-баллов, что указывало на ипохондрические, демонстративные и тревожно-депрессивные тенденции. Профиль ММИЛ у лиц 3-й группы не выходит за пределы показателей профессиональных и популяционных нормативов и указывает на эффективную психофизиологическую адаптацию у данной группы лиц.

**Выводы:** Оценка психофизиологической адаптации кадровых военных и персонала ЧАЭС, указывает на перенапряжение психической адаптации у кадровых военных (полковники, вертолетчики) и эффективную адаптацию у персонала (инженеры), сочетавшего основную работу на станции с участием в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС.

**Ключевые слова:** авария на Чернобыльской АЭС, ликвидаторы, психофизиологическая адаптация, мотивация, социальная адаптация, трудовая успешность, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца

**Purpose:** An evaluation of the efficiency of psychophysiological adaptation of military personnel and personnel of ChNPP, participated in liquidation of consequences of the ChNPP accident in 1986–1987 years.

**Material and methods:** The study involved 3 groups of participants of the liquidation of the consequences of ChNPP accident, in total – 10 people. The 1st group consisted of military personnel, colonels, 4 people, including 4 military chemical engineers. The 2nd group was represented by two helicopter pilots and one test engineer of aircraft. The 3rd group was the ChNPP personnel, who worked from May 1986, in preparation for commissioning and operation of ChNPP units 1,2,3, in the face of a nuclear-physicist, chief engineer of ChNPP and the shift supervisor of the electrical shop № 1–2 unit of ChNPP. The dose of external gamma-beta radiation in the 1st group was registered in the range of 90–376 mSv, the 2nd – up to 250 mSv, the 3rd – 560–250 mSv.

**Results:** The rise of the profile parameters of MMPI above 80 T-points were detected in persons of the 1st group on the scale 1Hs–95,38 T-points of the neurotic triad and testified to the strain of mental adaptation, due to concerns about the health, hypochondriac tendencies. The rise of parameters on a scale of 2D–68,80 and 3Hy–72,4; T-points indicated the voltage of psychophysiological adaptation, due to anxiety-demonstrative behavior. The level of the profile of MMPI in persons of the 2nd group indicated the over voltage of mental adaptation, marked by the rise of parameters of higher than 80 T-points as neurotic (1Hs–94,50; 2D–77,60; 3Hy–80,83 T-points), and psychotic triad (6Pa–75,80; 7Pt–68,30; 8Sch–81,26 T-points) with a relative decrease of parameters of the scale 9Ma–61,16 T-points, that indicated the hypochondriac, demonstrative and anxious-depressive tendencies. The profile of MMPI in persons of the 3rd group does not extend beyond the limits of professional and population norms and indicates on the efficient physiological adaptation in this group.

**Conclusions:** Evaluation of psychophysiological adaptation of military personnel and personnel of ChNPP indicates the over voltage of mental adaptation of military personnel (colonels, helicopter pilots) and effective adaptation of the staff (engineers), combined the basic work in station with participation in liquidation of consequences of the ChNPP accident.

**Key words:** Chernobyl NPP accident, liquidators, psychophysiological adaptation, motivation, social adaptation, labor success, hypertensive disease, ischemic heart disease

## Введение

Психическая адаптация является процессом установления оптимального соответствия личности и окружающей среды в ходе осуществления свойственной человеку деятельности. При этом эффективный процесс адаптации в значительной мере определяет успешность деятельности и сохранение физического и психического здоровья человека. Психическую адаптацию нельзя считать эффективной, если чрезмерное напряжение адаптационных механизмов приводит к нарушению нормального функционирования организма, к нарушению физического (или психического) здоровья [1]. Адаптационно-приспособительная деятельность организма требует затрат энергии и информации, в связи с чем можно говорить о «цене адаптации», которая определяется степенью напряжения регуляторных механизмов и величиной израсходованных функциональных резервов. Следовательно, поддержание достаточных адаптационных (приспособительных) возможностей организма, т.е. обеспечение здоровья, находится в прямой зависимости от функциональных резервов организма, от его способности мобилизовать эти резервы для поддержания и сохранения этого равновесия (гомеостаза) в изменяющихся условиях окружающей среды [2].

Перенапряжение и истощение резервов регуляторного механизма приводит к срыву адаптации, к развитию болезни. Поэтому изучение и оценка функциональных резервов занимает центральное место особенно в практике донозологических исследований [3]. Донозологические состояния, отличающиеся от заболеваний преобладанием неспецифических изменений над специфическими, встречаются у значительного количества так называемых практически здоровых людей, которые находятся вне сферы медицинского наблюдения. Обследование практически здоровых лиц показало, что около 40 % обследованных имеют напряжение механизмов адаптации, около 30 % – неудовлетворительную адаптацию и у около 10 % отмечается срыв адаптации [4–6].

Целью данной работы является оценка особенности психофизиологической адаптации кадровых военных и персонала ЧАЭС, участвовавших в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986–1987 гг.

## Материал и методы

Обследовано три группы участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС общей численностью 10 чел. Первую группу составили 4 кадровых военных в звании полковника в возрасте 65, 77, 73, 77 лет, из них 3 военных инженера-химика, закончивших Военно-инженерную академию им. В.В. Куйбышева (Б.А.П., Р.А.И., Р.П.П) и один – Саратовское военное училище химических войск защиты (Т.И.И.). Вторая группа представлена двумя военными вертолетчиками (В.О.В. и Ш.В.О.) и одним инженером-испытателем

воздушных судов (И.В.А.) в возрасте 50, 57 и 75 лет соответственно. Третья группа – персонал ЧАЭС, работавший с 1 мая 1986 г. на консервации, подготовке к пуску и эксплуатации 1, 2 и 3 блоков ЧАЭС, в лице физика-ядерщика доктора технических наук, профессора (О.И.Н.), главного инженера ЧАЭС (Я.Г.Ф.) и начальника смены электроцеха № 1 и 2 блока ЧАЭС (И.Б.Н.) (возраст 78, 72, 75 лет соответственно).

Военные инженеры-химики руководили проведением мероприятий по осуществлению дозиметрического контроля внутренних войск МВД, по созданию зоны охраны вокруг ЧАЭС и оборудованию её инженерными заграждениями, руководили организацией дезактивации и пылеподавления в деревнях, школах, больницах, колодцах, строительством плотины на реке в г. Припяти. Вертолеты армейской авиации использовались для забрасывания поглощающих материалов в горячие активные зоны реакторов (В.О.В. и Ш.В.О.). Метеорологическая авиация распыляла на пути движения радиоактивного облака йодистое серебро в качестве реагента, вызывающего дождь (И.В.А.). После завершения сбросов поглощающих и нейтрализующих материалов с воздуха в жерло взорвавшегося реактора, вертолетчики выполняли различные задачи по обеспечению выполнения научных исследований ведущих специалистов, перевозке членов Правительственной комиссии, работы по орошению специальными растворами местности в целях предотвращения переносов радиоактивной пыли. Кроме того, с помощью вертолётов производились замеры уровней радиации и отбирались пробы воздуха непосредственно над реактором, а также в радиоактивных облаках. Персонал ЧАЭС под руководством О.И.Н. и Я.Г.Ф. выполнял работу по подготовке к пуску первых трех блоков и контролировал работу электроустановок на всех четырех блоках (И.Б.И.).

Дозы внешнего относительно равномерного гамма-бета-облучения в 1-й группе зарегистрированы в пределах от 90 до 376 мЗв (278, свыше 250, 90, 376 соответственно), во 2-й – до 250 мЗв, в 3-й – 370, 560, до 250 мЗв соответственно. Все пациенты прошли клинико-психофизиологическое обследование в клинике ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (октябрь 2014 – февраль 2015 г.).

Из психосоматической патологии (табл. 1) у восьми обследованных лиц диагностируется гипертоническая болезнь II степени, у двоих – гипертоническая болезнь III степени (Р.П.П. и И.В.А.). ИБС, стенокардия напряжения, ФК II–III – у 8, у двух – постинфарктный кардиосклероз (И.В.А. и Р.П.П.) и у одного из них – последствия нарушения мозгового кровообращения от 1999 г. по ишемическому типу в левой СМА (Р.П.П.). Сахарный диабет 2 типа – у трех (Б.А.П., Р.П.П., В.О.В.). Новообразования в виде рака кожи выявлены у двух (И.В.А., Я.Г.Ф.), у одного – лейомиома нижней трети пищевода (О.И.Н.), один прооперирован по поводу рака ободочной кишки (Р.П.П.).

Таблица 1

**Психосоматические и онкологические заболевания у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС**

№	Наименование заболевания	1-я группа	2-я группа	3-я группа
1	Гипертоническая болезнь II ст.	3	2	3
2	Гипертоническая болезнь III ст.	1	1	—
3	ИБС, стенокардия напряжения, ФК II–III	3	2	3
4	Постинфарктный кардиосклероз	1	1	—
5	Последствия нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу	1	—	—
6	Сахарный диабет 2 типа	2	1	—
7	Рак кожи	—	1	1
8	Лейомиома нижней трети пищевода	—	—	1
9	Рак ободочной кишки (оперированный)	1	—	—
10	Сочетанная травма в виде ушиба головного мозга с переломом костей черепа, переломом левого плеча и левой ключицы	—	1	1

Вертолётчик В.О.В. перенёс в 1994 г. сочетанную травму в виде ушиба головного мозга с переломом костей черепа, переломом левого плеча и левой ключицы, инвалид I группы. Семь пациентов имеют инвалидность II группы, три — пенсионеры по возрасту.

Задачами психофизиологического обследования являются:

- оценка профиля личности и актуального психического состояния (методика многостороннего исследования личности (ММИЛ), вариант адаптации ММРІ);
- характерологическая оценка личности (методика 16-ФЛО Кеттелла);
- оценка образно-логического мышления по результатам теста Равенна;
- оценка операторской работоспособности по результатам простой и сложной сенсомоторных реакций (ПСМР, ССМР) и реакции на движущийся объект (РДО).

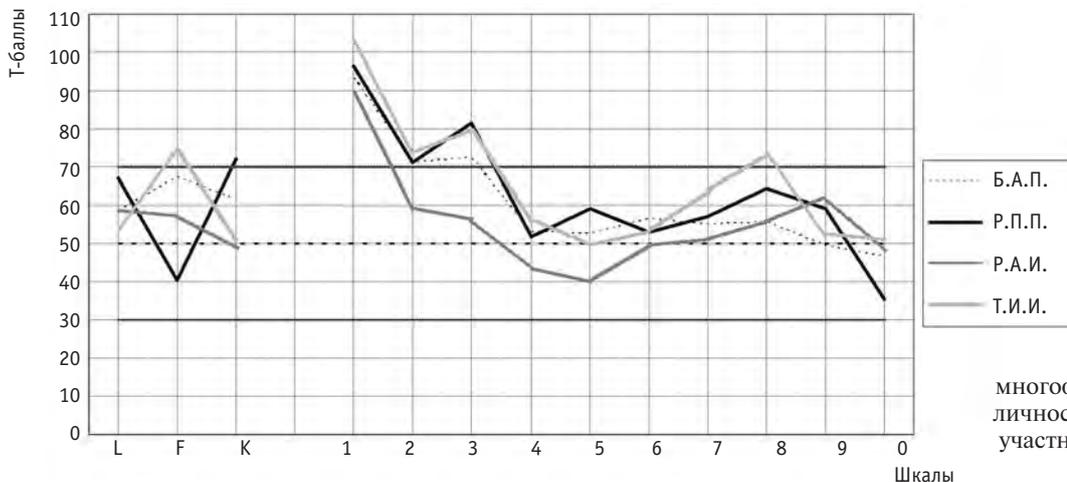


Рис. 1. Показатели многофакторного исследования личности (ММИЛ) у 1-й группы участников ликвидации аварии на ЧАЭС

Статистическая обработка показателей профиля ММИЛ трёх групп проведена с применением следующих непараметрических критериев: критерий упорядоченных альтернатив Джонкхиера–Терпстра для независимых выборок, медианный критерий для независимых выборок, критерий Краскала–Уоллиса, критерий серий Вальда–Вольфовица, U-критерий Манна–Уитни.

**Результаты и обсуждение**

По данным оценки результатов психофизиологического обследования с использованием метода ММИЛ можно отметить, что подъем показателей профиля ММИЛ выше 80 Т-баллов регистрировался в 1-й группе у всех пациентов (Б.А.П., Р.П.П., Р.А.И. и Т.И.И.) по шкале 1Нз до 93,5; 96,5; 89,0; 102,5 Т-баллов невротической триады соответственно, свидетельствовал о перенапряжении психической адаптации и отражал характер невротического синдрома в виде обеспокоенности состоянием здоровья, ипохондрическими тенденциями. Подъем показателей выше 70 Т-баллов по шкале 2D – (3 чел.), по шкале 3Ну (3 чел.) и по шкале 8Sch – 7 (1 чел.) Т-баллов указывал на перенапряжение и напряжение психофизиологической адаптации, обусловленное тревожно-демонстративным поведением и оригинальностью мышления в виде высокой значимости их деятельности (рис. 1).

У обследованных лиц 2-й группы (В.О.В., Ш.В.О., И.В.А.) перенапряжение психической адаптации определялось подъемом показателей выше 80 Т-баллов как невротической (1Нз – 2 чел., 2D – 1 чел., 3Ну – 1 чел.), так и психотической триады (6Ра – 1 чел., 7Рт – 1 чел., 8Sch – 2 чел.) с относительным снижением показателя шкалы 9Ма – 3 чел., что указывало на преимущественно ипохондрические, демонстративные и тревожно-депрессивные тенденции (рис. 2).

Показатели психофизиологической адаптации у персонала 3-й группы (О.И.Н., Я.Г.Ф., И.Б.И.) расположены в границах популяционной и профессиональной статистической нормы (от 70 до 30 Т-баллов), определяющие эффективную психическую

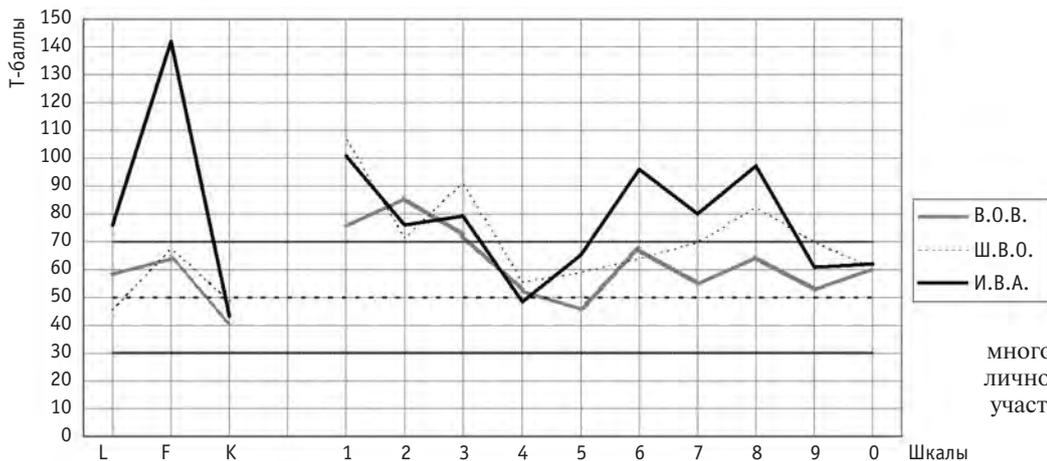


Рис. 2. Показатели многофакторного исследования личности (ММИЛ) у 2-й группы участников ликвидации аварии на ЧАЭС

адаптацию, за исключением показателя тревожности ( $2D = 78.4$  T-балла) у Я.Т.Ф., указывающего на напряжение психической адаптации (рис. 3).

Оценка усредненных показателей характерологических особенностей пациентов трех групп по данным теста Кеттелла показала (рис. 4), что эмоциональность у всех обследованных лиц выше среднего уровня ( $A = 6,8-6,7-7,0$  стень), интеллект высокий, выше у персонала 3-й группы ( $B = 7,5-7,0-8,3$  стень), у всех хорошее образно-логическое мышление (тест Равенна). Уровень показателя воспитанных форм поведения выше у лиц 2-й группы ( $N = 5,0-7,3-6,0$  стень). Тенденция к самостоятельности, самодостаточности, организованности высокая во 2-й и 3-й группе, средняя и выше средней – у лиц 1-й группы ( $Q3 = 5,8-7,0-7,0$  стень). Для всех характерен средний уровень желаний работать в группе ( $Q2 = 6,0-6,0-6,7$  стень). Наряду с этим, можно отметить у лиц 1-й и 2-й группы тенденцию к снижению интегративности и стеничности поведения ( $C = 3,8-3,3$  стень) и высокую степень подчинения ( $F4 = 4,5-4,7$  стень) по сравнению с уровнем показателей у лиц 3-й группы ( $C = 5,3$  и  $F4 = 7,3$  стень). Кроме того, у лиц 2-й группы регистрировались показатели, указывающие на низкий уровень доминантности, властности, склонности к лидерству

( $E = 4,0$  стень), свободы поведения ( $F = 3,0$ ), склонности к риску ( $H = 3,7$  стень), низкая возможность для контактов ( $F2 = 3,3$  стень) и низкая толерантность к нагрузке ( $F3 = 3,4$  стень), особенно по сравнению с этими показателями у лиц 3-й группы ( $E = 7,0$ ;  $H = 7,3$ ;  $F2 = 6,6$ ;  $F3 = 5,2$  стень). Выявлялся высокий уровень фрустрационной напряженности ( $Q4 = 7,5$  стень) и тревоги ( $F1 = 7,2$  стень) у лиц 1-й группы и средний – у лиц 2-й группы ( $Q4 = 6,3$  и  $F1 = 6,5$  стень) по сравнению с уровнем фрустрационного напряжения и тревоги у лиц 3-й группы ( $Q4 = 5,3$  и  $F1 = 5,1$  стень).

Оценка операторской работоспособности по данным сенсомоторных реакций (ПСМР, ССМР) и реакции на движущийся объект (РДО) показала, что несколько больше времени на выполнение простой сенсомоторной (3156–360–303 мс) и сложной сенсомоторной реакции (1384–1403–1274 мс) у лиц 2-й группы. Время, потраченное на выполнение РДО, одинаково для всех лиц трех групп (1007–1001–1006 мс). Точность реакции выше у лиц 2-й группы (0–2 %; 3–5 %; 0–2 %). По усредненным данным, у обследуемых лиц выявлено преобладание влияния вегетативной нервной системы над симпатической.

Оценка эффективности психофизиологической адаптации проведена по усредненным данным про-

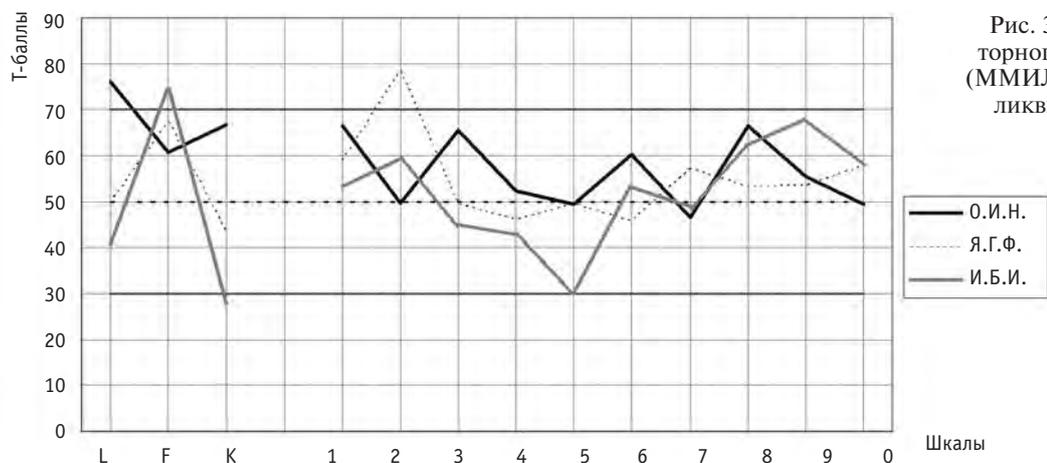


Рис. 3. Показатели многофакторного исследования личности (ММИЛ) у 3-й группы участников ликвидации аварии на ЧАЭС

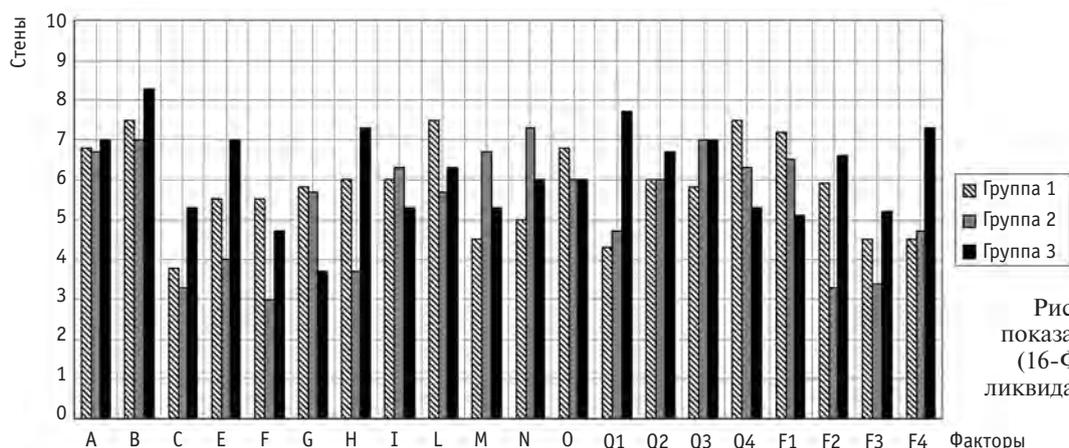


Рис. 4. Усредненные показатели теста Кеттелла (16-ФЛО) у участников ликвидации аварии на ЧАЭС

фия методики ММИЛ с учетом высоты показателя Т-баллов, который при высоте выше 80 Т-баллов указывает на перенапряжение психической адаптации, при высоте между 70 и 80 Т-баллов – на неустойчивость психической адаптации, а уровень от 70 до 30 Т-баллов – на эффективную психофизиологическую адаптацию (рис. 5).

Подъем показателей профиля ММИЛ выше 80 Т-баллов выявлялся у лиц 1-й группы по шкале 1Нs до 95,38 Т-баллов невротической триады и свидетельствовал о перенапряжении психической адаптации, обусловленной обеспокоенностью состоянием здоровья, ипохондрическими тенденциями. Уровень показателей по шкале 2D – 68,8 и по шкале 3Ну – 72,4 Т-баллов указывал на напряжение психофизиологической адаптации, обусловленной тревожно-демонстративным поведением. Подъем профиля ММИЛ у лиц 2-й группы указывал на перенапряжение психической адаптации, обусловленное подъемом показателей выше 80 Т-баллов как невротической, так и психотической триады с относительным снижением показателя шкалы 9Ма, что указывало на преимущественно ипохондрические, демонстративные и тревожно-депрессивные тенденции. Профиль ММИЛ у лиц 3-й группы не выходит за пределы професси-

ональных и популяционных нормативов и указывает на эффективную психофизиологическую адаптацию у данной группы лиц (рис. 5).

Проведенная статистическая обработка данных трех групп участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС с применением непараметрического критерия упорядоченных альтернатив Джонкхиера–Терпстра выявила достоверные различия по шкале Нs1 – ипохондрические тенденции ( $p = 0,028$ ), по шкале Ну3 – демонстративность поведения ( $p = 0,027$ ), по шкале Ра6 – ригидность поведения ( $p = 0,042$ ), по шкале Рт7 – фиксация тревоги и ограничительного поведения ( $p = 0,043$ ). Достоверное различие шкалы SiO – интро-и экстраверсии в социальных контактах выявлялось по медианному критерию для независимых выборок ( $p = 0,026$ ), и критерию Краскала–Уоллиса ( $p = 0,025$ ). Достоверность различий по шкалам Нs1 и Ну3 подтвердили критерий серий Вальда–Вольфовица, U- критерий Манна–Уитни и критерий Краскала–Уоллиса ( $p = 0,017$  соответственно) при сравнении объединённых данных 1-й и 2-й групп (кадровые военные) с данными 3-й группы (персонал ЧАЭС).

Таким образом, эффективная стабильная психофизиологическая адаптация выявлялась у лиц 3-й

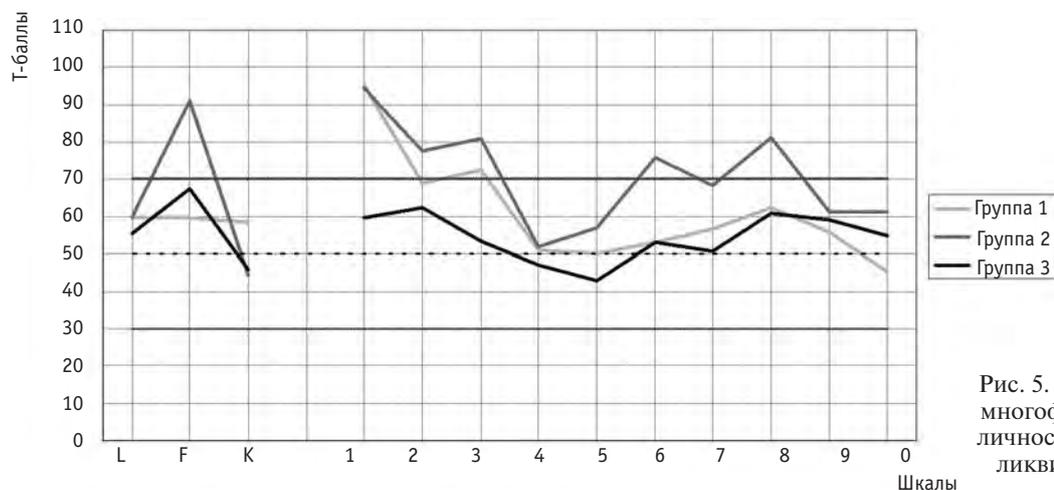


Рис. 5. Усредненные показатели многофакторного исследования личности (ММИЛ) у участников ликвидации аварии на ЧАЭС

группы — инженеров персонала ЧАЭС, сочетавшего участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в 1986–1987 гг. с продолжением работы на ЧАЭС.

Показатели эффективной стабильной психофизиологической адаптации данной обследуемой группы не выходят за пределы профессиональных и популяционных нормативов и близки к усредненным характеристикам для соответствующей группы специалистов, что позволяет как сделать заключение о соответствии психофизиологических качеств этой группы лиц требованиям выполняемой работы по ее эффективной адаптированности в целом, так и рассматривать эффективную психофизиологическую адаптацию как критерий здоровья и показатель здорового образа жизни.

Перенапряжение психофизиологической адаптации (более 80 Т-баллов) и напряжение психофизиологической адаптации (70–80 Т-баллов) выявлялось у обследованных лиц 1-й и 2-й группы (полковники, вертолетчики).

В результате проведенного обследования установлено, что ведущими показателями, определяющими особенности психофизиологической адаптации для лиц 1-й группы, были обеспокоенность состоянием физического здоровья со склонностью к ипохондрическим тенденциям, тревожности и демонстративности поведения, а к преимущественно тревожно-депрессивным тенденциям — у лиц 2-й группы.

Подъемы профиля ММИЛ свыше 80 Т-баллов являются прогностически неблагоприятными. Такие подъемы свидетельствуют о наличии у обследуемых лиц выраженных акцентуаций характера, склонности к психосоматическим и психическим нарушениям. В таком случае при решении вопроса о профессиональной пригодности этих лиц к участию в ликвидации последствий радиационной аварии, можно говорить о несоответствии выраженных особенностей данной группы лиц требованиям профессионального отбора, проводимого для решения вопроса о допуске лиц к работам в контакте с ионизирующим излучением. Возникла необходимость в стационарном обследовании и лечении выявленной психосоматической и общей соматической патологии, проведении реабилитационных мероприятий с последующим решением вопроса о дальнейшей трудоспособности. Лица с напряженной психофизиологической адаптацией должны выявляться во время медицинских осмотров и психофизиологических обследований, проводимых в целях медицинского и психофизиологического отбора и периодического контроля персонала для возможной работы с источниками ионизирующего излучения и к участию в ликвидации последствий радиационных аварий и инцидентов.

## Выводы

1. Оценка психофизиологической адаптации кадровых военных и персонала ЧАЭС показала эффективную адаптацию у персонала (инженеры), сочетавшего основную работу на станции с участием в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, и перенапряжение психической адаптации у кадровых военных (полковники, вертолетчики).

2. Перенапряжение психофизиологической адаптации у 1-й группы лиц (полковники) выявлялось на уровне невротической триады и было обусловлено преимущественно обеспокоенностью состоянием здоровья, ипохондрическими тенденциями.

3. Перенапряжение психофизиологической адаптации у 2-й группы лиц (вертолетчики) регистрировалось как на уровне невротической, так и психотической триады и было обусловлено преимущественно ипохондрическими и тревожно-депрессивными тенденциями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березин Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. — Л.: Наука. 1988. 267 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Бойко Е.Р. и соавт. Медико-экологические исследования в рамках космического эксперимента «Марс-500». Дозиметрия. Проблемы здорового образа жизни // В сб. «Материалы V международной научной конференции». 17–18 декабря 2009. — СПб. 2009. С. 181–183.
3. Берсенева Е.Ю., Черникова А.Г. Дозиметрический подход к оценке функциональных резервов и его применение к анализу данных эксперимента «Марс-500» Дозиметрия. Проблемы здорового образа жизни // В сб. «Материалы V международной научной конференции». 17–18 декабря 2009. — СПб. 2009. С. 184–187.
4. Захарченко М.П., Щербук Ю.А., Гриненко О.А. и соавт. Формирование здорового образа жизни населения как приоритетная задача при проведении первичной профилактики заболеваний. Дозиметрия. Проблемы здорового образа жизни // В сб. «Материалы V международной научной конференции». 17–18 декабря 2009. — СПб. 2009. С. 269–270.
5. Ларцев М.А., Абрамова В.Н., Метляева Н.А. и соавт. Методические указания по проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии. — М.: 1998. С. 30.
6. French J.R.P., Rogers W., Gobb S. Abgustament as person-enviroment // Coping and adaplation. — New York: 1974. P. 316–333.

Поступила: 14.06.2014

Принята к публикации: 18.05.2016