

УДК [577.34 + 502.51 : 504.5] (477.63)+577.34 : 574.282.247.32

**Е.Ю. ЗАЙЧЕНКО**, – научный сотрудник лаборатории гидробиологии, ихтиологии и радиобиологии НИИ биологии Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина

**Е.В. СЕВЕРИНОВСКАЯ**, д-р биол. наук, заведующий кафедры физиологии человека и животных Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина

**А.И. ДВОРЕЦКИЙ**, д-р биол. наук, заведующий кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Днепропетровский аграрно-экономический университет, г. Днепропетровск, Украина

**О.Н. МАРЕНКОВ**, ассистент кафедры общей биологии и водных биоресурсов Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина

**А.С. БЕЛОКОНЬ**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, ихтиологии и радиобиологии НИИ биологии Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИДНЕПРОВСКОГО РЕГИОНА

Приднепровье отличается сочетанием повышенного природного радиационного фона, техногенного загрязнения предприятиями первичного ядерного цикла, а также «чернобыльского следа» за счет Cs-137 и Sr-90. В 1986-90 гг. наблюдалось многократное превышение их доаварийных уровней для воды и рыбы. Теперь значительна их аккумуляция в илах, т.е. опасность вторичного загрязнения экосистемы. Радиация вместе с агроиндустриальным химическим загрязнением создает весомую радиационно-химическую нагрузку на живой организм через воду и пищевые цепи (особенно через рыбу). При этом тяжелые металлы оказывают мощное модулирующее влияние на эффекты радиации. Наблюдается серьезное нарушение ряда физиологических и биохимических показателей. Высокую адаптогенную эффективность в этих условиях показал гуминовый препарат «Торфовит».

**Ключевые слова:** радиационно-химическая нагрузка, хвостохранилище, поведенческие параметры, биоэлектрическая активность, окси/антиоксидантный баланс, гуматы.

Чернобыльская авария до сих пор была самой значительной техногенной катастрофой в истории человечества благодаря масштабам охвата территорий, населения и долговременности последствий. Новое бедствие в Японии (взрыв АЭС «Фукусима-1» в 2011 г.) свидетельствует, что проблема радиационной безопасности не утратила своей остроты и масштабности. В Приднепровье не было катастрофы такого масштаба, зато остро кризисная ситуация складывалась здесь десятилетиями.

Особенность формирования радиоэкологической ситуации в Приднепровском регионе состоит в уникальном сочетании высокого природного радиационного фона

(Украинский кристаллический щит, эманации радона) и радиоактивного загрязнения техногенного происхождения (рисунок 1). Здесь с 1948 г. ведется добыча и переработка уранового сырья предприятиями первичного ядерного цикла (ПЯЦ) (г. Желтые Воды (Восточный горно-обогачительный комбинат - ВостГОК) и г. Днепродзержинск (Приднепровский химический завод - ПХЗ)) [1, 2]. До 1990 г. отходы ВостГОКа использовались для строительства городских зданий и дорог. На повышенный фон техногенно-усиленных природных радионуклидов накладывается «чернобыльский след» в виде искусственных радионуклидов <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr.

В 1986-90 гг. влиянию чернобыльских выбросов подверглись абиотические и биотические компоненты экосистемы р. Днепр: превышение доаварийных уровней для воды составило 5 раз по <sup>137</sup>Cs и 8,5 раз – по <sup>90</sup>Sr

© Зайченко Е.Ю., Севериновская Е.В.,  
Дворецкий А.И., Маренков О.Н.,  
Белоконь А.С., 2014

(рисунок 2), для рыбы – соответственно, 71 раз и 24,1 раз (рисунок 3). Количественными и структурно-функциональными из-

менениями отреагировали фитопланктон и зоопланктон.



с 1948 г. добыча и переработка урана предприятиями ПЯЦ

с 1986 г.  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  - «чернобыльский след»



**ПРИДНЕПРОВЬЕ –**  
 регион существующей и потенциальной радиационной угрозы: здесь с 1948 г. ведется добыча и переработка уранового сырья предприятиями первичного ядерного цикла (ПЯЦ) (гг. Желтые Воды (ВостГОК) и Днепродзержинск (ПХЗ)), на повышенный фон техногенно-усиленных природных радионуклидов накладывается «чернобыльский след» в виде искусственных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$

Рисунок 1 - Формирование радиозокологической ситуации в Приднепровском регионе

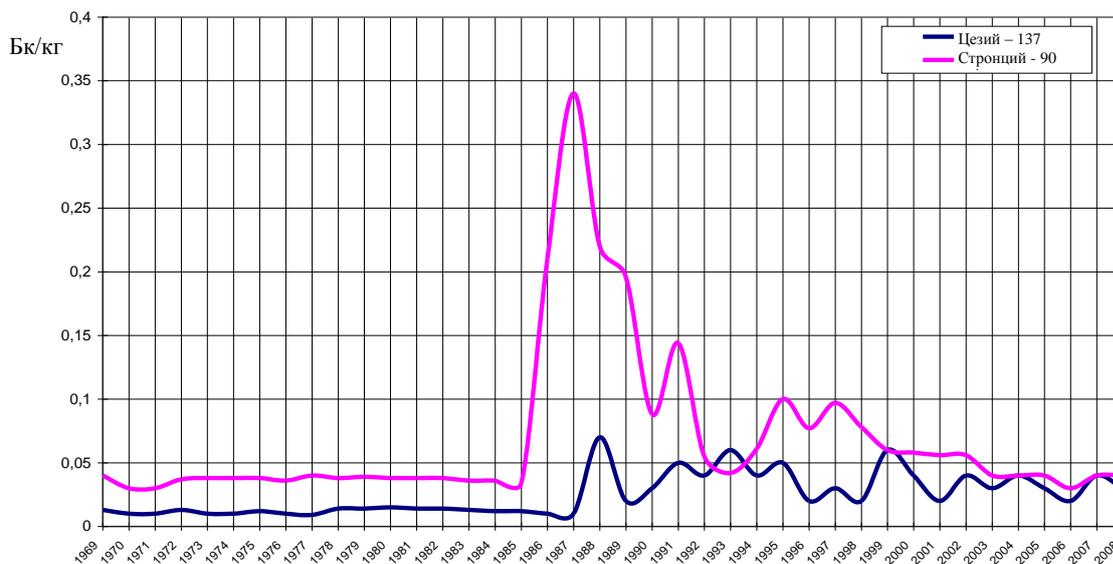


Рисунок 2 - Динамика  $\text{Cs-137}$  и  $\text{Sr-90}$  в воде Днепровского водохранилища (1969-2008 гг.)

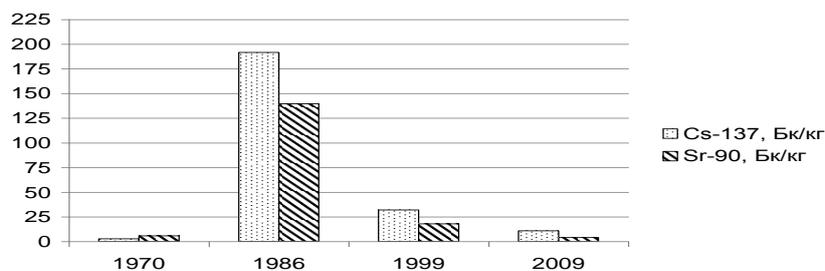


Рисунок 3 - Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в рыбе Днепровского водохранилища (1970-2009 гг.)

Спустя 25 лет – период полураспада для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  – уровни загрязнения этими радионуклидами воды и ихтиофауны почти вернулись к доаварийным. Однако остается значительной их аккумуляция в илах, а значит и опасность вторичного загрязнения во-

ды [3]. Причем свойство накапливаться в илах имеют не только искусственные, но и природные радионуклиды, что усиливает локальное радиоактивное загрязнение (таблица 1).

Таблица 1. Радионуклидное загрязнение грунтов Днепровского водохранилища

Станция отбора проб	Типы донных отложений	Содержание радионуклидов; Бк/кг сухого веса			
		$\text{K}^{40}$	$\text{Cs}^{137}$	$\text{Ra}^{226}$	Суммарная активность
Ниже плотины Днепродзержинской ГЭС	Песок	112,0±34,0	<0,5	<4,0	112,0±34,0
р. Коноплянка, устье	Глиняный ил	110±37,0	<0,5	24,0±12,0	143,0±49,0
р. Коноплянка, дамба	Глиняный ил	52,5±4	<0,5	36,3±15,6	88,8±9,6
р. Коноплянка, около хвостохранилища	Глиняный ил	170,4±93,3	0,5	25,7±12,4	196,1±105,4
р. Орель, канал	Заиленный песок	26,4±13,1	<0,5	58,7±39	85,1±52,0
с. Каменка, левый берег	Песок	68,0±21,0	0,5±0,2	<4,0	82,6±14,4
Кайдацкий водозабор	Заиленный песок	112,0±34,0	4,1±0,5	22,3±9,0	135,4±43,5
Сток завода им. Петровского	Ил	154,0±74,1	9,1±4,3	<4,0	152,2±93,4
Р. Мокрая Сура, устье	Ил	470,0±144,2	8,9±0,4	15,3±9,0	522,3±15,2
С. Никольское	Ил	303,9±125,9	32,8±0,5	30,9±16,3	334,0±16,8

В результате работы предприятий ПЯЦ образовались 12 хранилищ “хвостов”, где находятся 90 млн т. радиоактивных отходов общей мощностью  $3,7 \cdot 10^{15}$  Бк. Из них 3 хранилища «пустой» породы (г. Желтые Воды) – отходы добычи урана на ВостГОКе – расположены в долине р. Желтая, которая не имеет питьевого значения, но впадает в р. Ингулец, питающую г. Желтые Воды и окрестные населенные пункты. И далее ее вода попадает в питьевое Карачуновское водохранилище г. Кривой Рог (несколько сотен тысяч жителей) (рисунок 4) [4].

В районе г. Днепродзержинска складировались отходы обогащения урана на ПХЗ (Приднепровский химический завод, теперь предприятие «Барьер») [5]. Наиболее опасным из 9 хранилищ является хвостохранилище «Днепровское» (12 млн т), находящееся на берегу Днепра (таблица 2), из которого в результате фильтрационных процессов радионуклиды попадают в р. Коноплянка и

далее в р. Днепр (в верхнюю часть Днепровского водохранилища) – основной ресурс водоснабжения в регионе [5, 6]. Таким образом, хвостохранилища – источник постоянного загрязнения воздуха, водоемов, прилегающих территорий техногенно-усиленными природными радионуклидами  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  и др.

Опасность радионуклидов состоит как в радиоактивности изотопов, так и в их токсических свойствах. При этом попавшие в организм радионуклиды создают мощное по своему поражающему эффекту, длительное внутреннее облучение. Пути поступления альтерогенов в организм человека разнообразны: космическая радиация и внешнее радиационно-химическое воздействие во время дождя; аналогичное воздействие, за счет поверхностного загрязнения почвы, зданий; вдыхание; потребление альтерогенов с пищей и водой; контактный путь, т.е. радиационно-химическое воздействие через кожу.

3 хранилища «пустой» породы в долине р. Желтая  
 Особенно важным является балка «Разбери»  
 (хвостохранилище «Р») в г. Желтые Воды

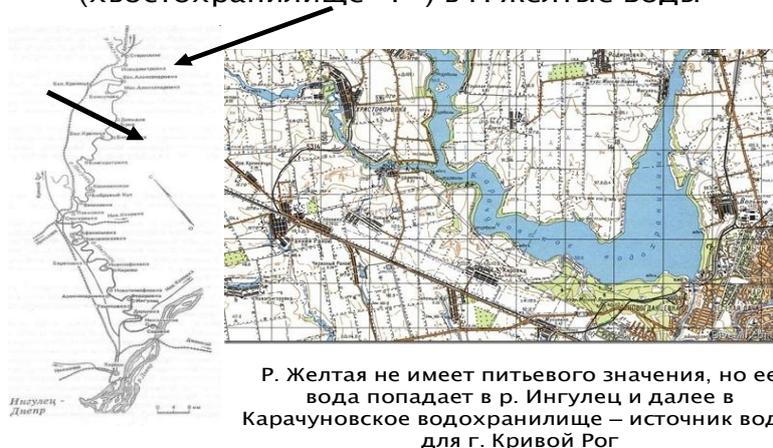


Рисунок 4 - Схема влияния отходов добычи урана в г. Желтые Воды на р. Ингулец

Таблица 2. Характеристика хранилищ радиоактивных отходов (РАО) уранового производства ПО "Приднепровский химический завод"

№ п/п	Название хвостохранилищ	Годы эксплуатации	Гамма-излучение мкР/год	Общая активность, Бк	Кол-во РАО млн. т	Площадь, тыс. м <sup>2</sup>	Содержание урана	Состояние консервации	Подземные воды
1	«Западное»	1949-1954	До 60	$1,8 \cdot 10^{14}$	0,77	40,2		Законсервировано	
2	«Днепроовское»	1954-1698	До30	$1,4 \cdot 10^{15}$	12,0	730	230	Не закончено	Днепр
3	«Центральный Яр»	1950-1954	До 50	$1,04 \cdot 10^{14}$	0,22	24		Законсервировано (засыпано грунтом)	
4	«Юго-Восточное»	1956-1990	До 34485	$6,7 \cdot 10^{13}$	0,33	36	1851	Не выполнялось	
5	«База С» (Сухачевское)	1960-1991	До 4700	$4,4 \cdot 10^{14}$	0,3	330	100-1000	Не выполнялось	р.Сухая Сура
6	«Доменная печь №6»	1982	До 33	$1,3 \cdot 10^{12}$	0,04	6,02		Законсервировано	
7	«С» I секция	1968-1983	До 1800	$7,1 \cdot 10^{14}$	19,065	906	50	Не выполнялось	р.Сухая Сура
8	«С» II секция	1984- по настоящее время	До 23	$2,7 \cdot 10^{14}$	9,6	699	156	Действующее	р.Сухая Сура
9	Хвостохранилище лантановой фракции	1965-1988	До 30	$8,6 \cdot 10^{11}$	0,0066	0,6		Законсервировано	

Влияние радионуклидов вместе с интенсивным развитием агропромышленного комплекса создает весомый радиационно-химический пресс на экосистему. Эта нагрузка непосредственно или путем миграции через абиотические, прежде всего воду,

а также воздух (радон), и биотические компоненты экосистемы (особенно через рыбу: она, находясь на вершине трофических цепей, концентрирует в себе альтерогены) отражается на здоровье людей. Так, заболеваемость в промышленных центрах региона

выше средних показателей по области, которые, в свою очередь, достоверно превышают среднереспубликанские уровни [7]. Об актуальности этой проблемы говорит принятие

долгосрочных государственных программ по г. Днепропетровск и г. Желтые Воды, направленных на минимизацию влияния предприятий ПЯЦ [8, 9].

### Цель работы

Учитывая остроту проблемы повышенной радиационно-химической нагрузки на биоту Приднепровья, специалистами Днепропетровского национального университета в течение ряда лет ведутся исследования, связанные с обеспечением радиационной безопасности окружающей природной среды и человека. Проводится изучение путей миграции альтерогенов, формирования радиологической ситуации в регионе, а также последствий совместного влияния агентов разного происхождения (радиации и тяжелых металлов) на абиотические и биотические компоненты водных экосистем в зонах размещения предприятий по добыче и пере-

работке уранового сырья. Рядом специальных ведомств выполняются радиационный дозиметрический контроль и оценка загрязнения региона тяжелыми металлами, борьба с последствиями влияния экопатогенных факторов – задача медицины. Целью наших исследований было изучение эффектов и механизмов действия характерных для Приднепровья агентов, создающих радиационно-химическую нагрузку на организм, определение целесообразности и эффективности использования природных адаптогенов, в частности гуматов, для снижения этой нагрузки.

### Материалы и методы

В модельных экспериментах на белых крысах породы Вистар было проведено многопараметрическое исследование длительного отдельного и совместного действия низкоинтенсивной ионизирующей радиации в дозе 0,25 Гр (25 дней по 0,01 Гр), и наиболее распространенных в поверхностных водах Приднепровья тяжелых металлов в дозе по 2 ПДК (с водой для питья в течение 25 дней – смесь солей  $Pb(NO_3)_2 - 9,58 \times 10^{-5}$  г/л,  $CdNO_3 - 3,1 \times 10^{-6}$  г/л,  $CoSO_4 - 9,52 \times 10^{-3}$  г/л,  $CuSO_4 - 7,8 \times 10^{-3}$  г/л,  $ZnSO_4 - 5,0 \times 10^{-3}$  г/л). Отдельная серия экспериментов была про-

ведена с водой, отобранной в районе функционирования предприятий ПЯЦ (из р. Желтая и из хвостохранилища «Р») с высоким содержанием радионуклидов урана и других металлов (приблизительная радиационная нагрузка – 0,25 Гр). Всестороннюю оценку обеспечил многоуровневый подход на основе морфометрических, поведенческих, электрофизиологических, биохимических параметров с акцентом на баланс между уровнем перекисного окисления липидов (ПОЛ) и активностью антиоксидантной системы (АОС).

### Результаты и обсуждение

Установлено, что у животных, получавших воду для питья из района действия ПЯЦ (с высоким содержанием урана и превышением ПДК для Pb, Cd, Mn, Fe, Zn и Cu), большинство исследованных показателей изменялось аналогично случаю воздействия смоделированной нами комбинации радиационно-химических факторов. Например, изменения в поведении по сравнению с контрольными животными отражали активацию ЦНС, но при дисбалансе процессов возбуждения и торможения, как в случае совместного действия облучения и тяжелых металлов (рисунок 5). Эти изменения отражали возрастание ориентировочно-исследова-

тельской активности и состояние напряжения ЦНС. Биоэлектрическая активность мозга обогащалась при этом высокочастотными сигналами ( $\alpha$ ,  $\beta$ -диапазоны) (рисунок 6). Эти результаты также отражали возрастание ориентировочно-исследовательской активности и состояние напряжения в ЦНС, что сказывалось на ухудшении морфометрических показателей.

Со стороны биохимических показателей наблюдалось усиление гемолиза эритроцитов до 2 раз (по показателю перекисной резистентности эритроцитов – ПРЭ) и снижение в 1,5 раза активности церулоплазмينا, который является основным ферментом ан-

тиоксидантної системи (АОС) крові. Іс-  
ключення становляв випадок впливу тяже-

лих металів (таблиця 3).

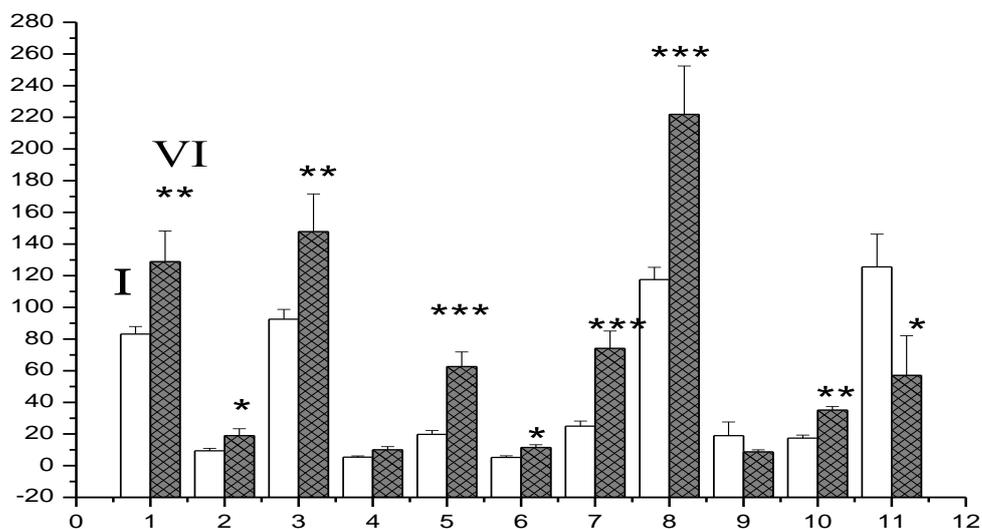


Рисунок 5 - Показатели поведенческих реакций крыс в открытом поле

Результаты тестирования контрольных животных (I), а также тех, что находились под действием радиационно-химических факторов (VI); 1, 2 - количество посещенных внешних и внутренних квадратов, 3 - общая горизонтальная активность, 4 - частота посещения внутренних квадратов, 5 - количество стоек, 6 - количество актов груминга, 7 - общая вертикальная активность, 8 - общая двигательная активность, 9 - продолжительность актов груминга, в с; 10 - количество норок; 11 - продолжительность замирания животного, в с. По оси ординат – средние значения соответствующих показателей. Достоверные отличия от контроля: \* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ , \*\*\* -  $p \leq 0,001$ .

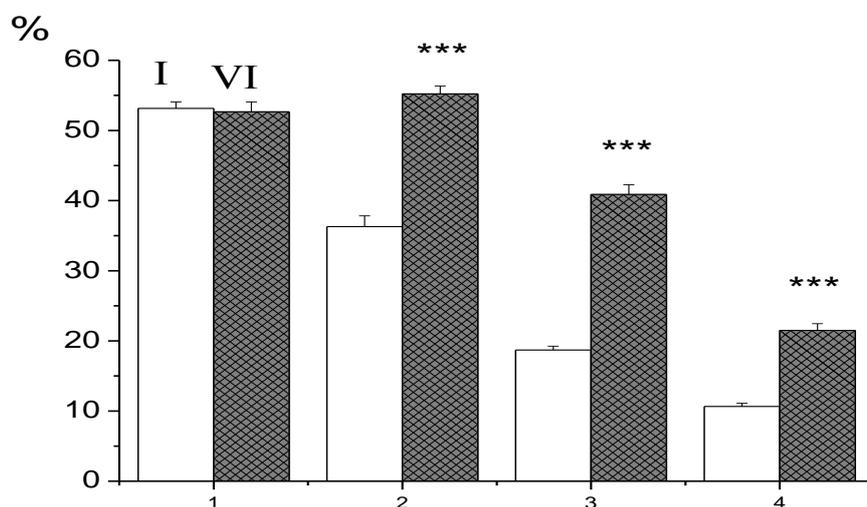


Рисунок 6 - Показатели биоэлектрической активности коры головного мозга:

Средние значения относительной спектральной мощности ритмических компонентов биоэлектрической активности коры мозга крыс – контрольных животных (I) и тех, что находились под действием радиационно-химических факторов (VI); По оси ординат – относительная спектральная мощность, % от максимального значения абсолютной спектральной мощности; по оси абсцисс: 1 -  $\delta$ -диапазон, 2 -  $\theta$ -диапазон, 3 -  $\alpha$ -диапазон, 4 -  $\beta$ -диапазон. Достоверные отличия от контроля: \*\*\* -  $p \leq 0,001$ .

Таблица 3 – Влияние радиационно-химических факторов на гемолиз эритроцитов и на уровень церулоплазмينا

Условия эксперимента	ПРЭ (% гемолиза)	Церулоплазмин, мг/дм <sup>3</sup>
Контроль	15,53±0,90	309,01±9,05
Вода из р. Желтой	24,13±4,09*	218,11±12,04*
Вода из хвостохранилища „Р”	31,42±2,40*	205,76±14,13*
Облучение в дозе 0,25 Гр	21,17±2,47*	222,98±13,24*
Смесь солей тяжелых металлов	14,80±1,50	300,28±13,87
Облучение в дозе 0,25 Гр + смесь солей тяжелых металлов	17,09±1,95	223,17±12,22*
Достоверные отличия от контроля: * – p ≤ 0,05		

Причины нестабильности клеточных мембран можно установить, если проводить оценку равновесия между прооксидантной и антиоксидантной системами на основе балансового подхода, с использованием интегральных показателей этих систем: уровня малонового диальдегида (МДА), который показывает степень развития ПОЛ, и общей антиоксидантной активности (ОАА), которая является суммарной характеристикой

АОС. При действии радиационно-химических факторов нарушался баланс окислительных и антиокислительных реакций [10]. На фоне накопления МДА – конечного продукта свободнорадикальных процессов – отмечалось угнетение общей антиокислительной активности на 20-60 %, особенно в мозжечке, сердце, печени (рисунок 7).

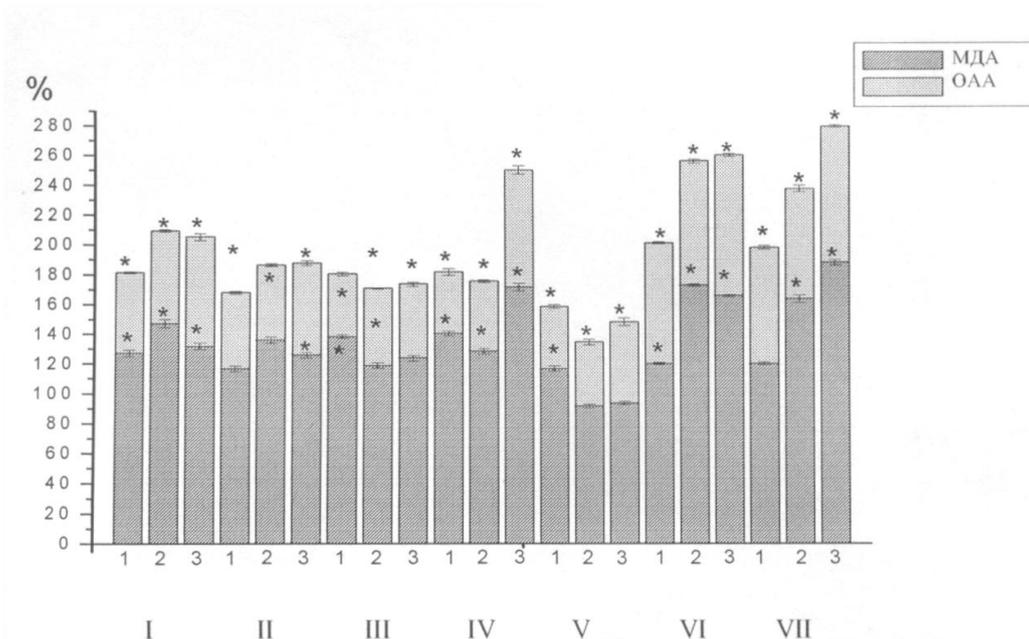


Рисунок 7 - Содержание МДА и уровень ОАА (% от контроля) в гомогенатах тканей разных органов крыс после облучения (1), после употребления смеси металлов (2), после комбинированного влияния смеси металлов и облучения (3). Объекты: I – кора, II – подкорковые структуры, III – мозжечок, IV – печень, V – сердце, VI – плазма, VII – эритроциты. Достоверные отличия от соответствующего контроля: \* - p < 0,05;

Следует подчеркнуть, что баланс окси/антиоксидантных реакций является важнейшим показателем состояния живой системы.

Результаты экспериментов показывают, что в случае длительного воздействия радиационно-химической нагрузки наруше-

нию общего равновесия между перекисным окислением липидов (ПОЛ) и антиоксидантной защитой соответствует аналогичный дисбаланс в системе крови. Здесь из-за снижения активности специального антиоксидантного фермента церулоплазмينا оказывается невозможным защитить эритроциты от атаки ПОЛ и от вызванного ею гемолиза. Таким образом, результаты свидетельствуют о снижении резистентности организма в целом, что ведет к исчерпанию его адаптивных возможностей, развитию патологий, что коррелирует с упомянутой выше медицинской статистикой.

Представленные данные позволяют заключить, что необходимо защищать население региона от воздействия радиационно-химических факторов, уменьшать их по-

следствия. Это необходимо осуществлять в двух направлениях: реабилитационные мероприятия по дезактивации, очистке региона, снижению утечек из хвостохранилищ, что реализуется согласно государственным программам по г. Днепродзержинск и г. Желтые Воды [8, 9], и защита населения, которая обеспечивается применением безвредных средств с адаптогенными свойствами (рисунок 8). Природные адаптогены – это биологически активные вещества природного происхождения, безвредные, но эффективные как противолучевые препараты пролонгированного действия, в отличие от радиопротекторов имеют неспецифичный эффект, повышая общую сопротивляемость организма к различным неблагоприятным факторам.

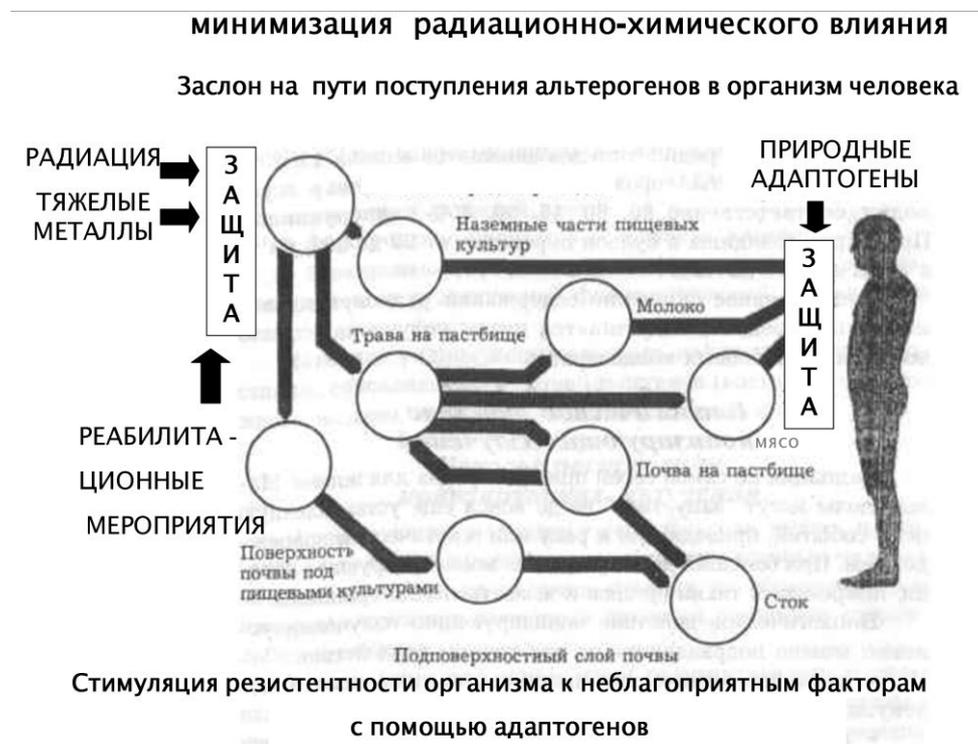


Рисунок 8 - Способы минимизации радиационно-химической нагрузки

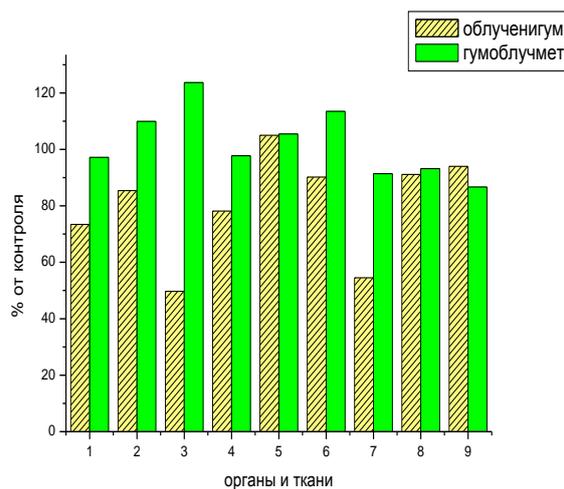
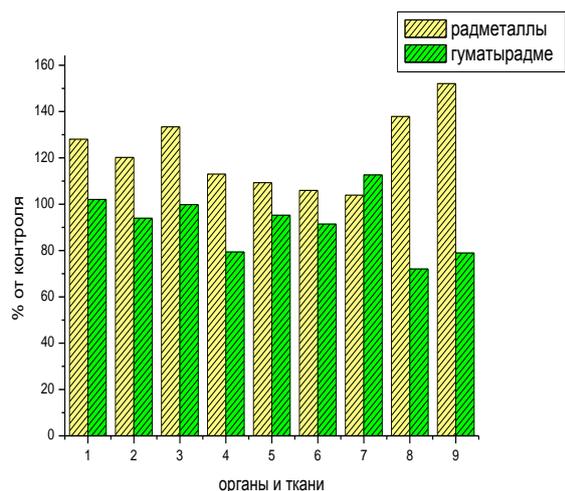
Новая серия экспериментов на белых крысах линии Вистар была проведена в условиях модельной радиационно-химической нагрузки, соответствующей уровням загрязнения Приднепровского региона. В качестве пищевых добавок с адаптогенными свойствами были исследованы такие биологически активные вещества, как спирулина (препарат «Сплат»), пчелиная пыльца (обножка) и гуминовый препарат «Торфовит» (гумат калия), полученный с

помощью нанотехнологий. Среди изученных препаратов из гидробионтов "Сплат" проявил выраженную иммуномодулирующую активность, но оказался недостаточно эффективным в регуляции окси/антиоксидантного баланса. Пчелопродукт способствовал установлению гомеостаза в системе ПОЛ-АОС, но на очень напряженном уровне.

Высокую и наиболее стабильную эффективность как адаптогены, антиоксиданты

показали гуматы. Полученные данные свидетельствуют, с одной стороны, о благотворном влиянии препарата на весь организм, с другой – о щадящем, не подрывающем жизненные силы организма, корректирующем действии. Важно, что их эффект наблюдался для всех показателей и объектов. Под действием гуматов как биоэлектрическая активность мозга, так и пове-

дение животных после радиационно-химической нагрузки приближались к уровню контроля. Наиболее выраженный эффект гуминовый препарат продемонстрировал в восстановлении окси/антиоксидантного баланса: практически во всех исследованных органах и крови наблюдалось снижение уровня ПОЛ (МДА) и усиление антиоксидантной защиты (ОАА) (рисунок 9).



А. Уровень МДА

Б. Уровень ОАА

Рисунок 9 - Уровень МДА (А) и ОАА (Б) в органах и тканях животных, находившихся под влиянием радиационно-химической нагрузки, а также животных, принимавших на фоне такой нагрузки препарат гуматов «Торфовит»: 1 – кора, 2 – подкорковый слой, 3 – мозжечок, 4 – печень, 5 – легкие, 6 – селезенка, 7 – сердце, 8 – эритроциты, 9 – плазма.

### Заключение

Из ряда факторов радиоактивного загрязнения Приднепровского региона выделяется техногенное загрязнение за счет предприятий первичного ядерного цикла, к которому добавляется повышенный природный фон и искусственные радионуклиды «чернобыльского следа». Радиоактивные отходы накоплены в 12 хвостохранилищах открытого типа в районе гг. Желтые Воды и Днепродзержинск. В настоящее время хвостохранилища частично перекрыты слоем фосфогипса и строительного мусора. Но они по-прежнему являются источником поступления техногенно-усиленных природных радионуклидов в окружающую среду, в том числе в водоемы питьевого назначения. Среди всех компонентов водных экосистем сейчас наиболее значительна их аккумуляция в илах, что наряду с очищением водной среды создает опасность вторичного загрязнения экосистемы.

Радиация вместе с агроиндустриальным загрязнением прежде всего за счет тяжелых металлов создает весомую радиационно-химическую нагрузку на население региона непосредственно, а также через воду и пищевые цепи (особенно через рыбу). С помощью сравнительного анализа влияния отдельных факторов и их комбинации установлено, что тяжелые металлы оказывают мощное модулирующее влияние на эффекты радиации. Под влиянием радиационно-химической нагрузки наблюдаются нарушения функций ЦНС, окси/антиоксидантного баланса и сдвиги других физиологических и биохимических показателей. Высокую адаптогенную эффективность в этих условиях показали гуматы, восстанавливающие все показатели. Благодаря уникальному строению и составу молекул, гуматы могут быть ловушками свободных радикалов за счет двойных ненасыщенных связей, а функцио-

нальные группы, в том числе карбоксильные, обуславливают их свойство связывать ионы металлов. Кроме того, вследствие разветвленной структуры, гуматы могут играть роль энтеросорбентов, вывода радионуклиды.

При наличии несомненных успехов в познании механизмов влияния радиационно-

химических факторов на организм и действия адаптогенов, сложившаяся в регионе небезопасная радиозэкологическая ситуация требует дальнейшего детального исследования для разработки мероприятий по защите окружающей среды, здоровья населения и обеспечения радиационной безопасности региона и биосферы в целом.

### Перелік посилань

1. Белоконь А.С. Радиозэкологические исследования водных экосистем в зоне влияния объектов ураноперерабатывающего предприятия / А.С. Белоконь, Т.В. Лаврова, А.И. Дворецкий // *Мат. III з'їзду з радіаційних досліджень (радіобіологія і радіоекологія)*. – К., 2003. – С. 274.
2. Огурцов О.П. Зона радіаційного лиха Придніпров'я / О.П. Огурцов, Л.М. Мамаєв, В.В. Заліщук // *Екологія кризових регіонів України : Мат. міжнар. конф. (Дн-ськ, Україна, 17-20 вер. 2001 р.)* – Дн-ськ: ДНУ, 2001. – С. 131.
3. Лаврова Т.В., Зайченко О.Ю., Дворецкий А.І., Білоконь Г.С. Природна радіоактивність води Дніпровського водосховища // *Мат. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых "Проблемы аквакультуры и функционирования водных экосистем"*. – К., 2002. – С. 160-161.
4. Проблема радиоактивного загрязнения территории в результате переработки урановых руд / [В.Ю. Коровин, Ю.Ф. Коровин, Ю.И. Кошик, Шматков Г.Г. и др.] // *Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі*. – К., 2001. – С. 461-476.
5. Ecological-toxicological estimation of superficial water quality of middle Dnieper in conditions of anthropogenic influence / [Dvoretzky A.I., Belokon A.S., Severinovskaya E.V. et al.] // *Efficient Water Management : World Water Congress*. – Berlin. – 2001. – P. 18.
6. Малишев І.Є. Вплив полігонів промислових відходів м. Дніпродзержинська на формування якості води р. Коноплянки / І.Є. Малишев, В.К. Хільчевський // *Мат. V Міжнар. наук.-практ. конф.* – Дн-ськ, 1999. – С. 20-22.
7. Грищенко С.В. Комплексная гигиеническая оценка влияния загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на заболеваемость населения экокризисного региона Украины / С.В. Грищенко, М.Г. Степанова, Ш.Б. Брагин, В.А. Шамрай // *Вестник гигиены и эпидемиологии*. – 2003. – № 1. – С. 22-29.
8. Програма радіаційного і соціального захисту населення м. Жовті Води на 2003-2012 роки : Постанова Кабінету Міністрів України N 656 від 5 травня 2003 р.
9. Державна програма приведення небезпечних об'єктів ВО ПХЗ в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання : Постанова КМУ № 1846 від 26 листопада 2003 р.
10. Севериновська О.В. Функціональний стан ЦНС та ВНД за умов комбінованого радіаційно-хімічного впливу / О.В. Севериновська, О.Ю. Зайченко, В.К. Рибальченко, О.Є. Пахомов // *Доповіді НАН України*. – 2007. – № 8. – С. 165-169.

*Стаття надійшла до редколегії 24.11.2014 російською мовою  
Стаття рекомендована членом редколегії канд. біол. наук О.О. Скрипником*

**Е.Ю. ЗАЙЧЕНКО\***, **Е.В. СЕВЕРИНОВСКАЯ\***, **А.И. ДВОРЕЦКИЙ\*\***,  
**О.Н.МАРЕНКОВ\***, **А.С. БЕЛОКОНЬ\***

*\*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара, м. Дніпропетровськ, Україна*

*\*\*Дніпропетровський аграрно-економічний університет, м. Дніпропетровськ, Україна*

### **ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА РАДІАЦІЙНО-ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ**

Придніпров'я відрізняється сполученням підвищеного природного радіаційного фону, техногенного забруднення підприємствами первинного ядерного циклу, а також "чорнобильського сліду" за рахунок Cs-137 і Sr-90. У 1986-90 рр. спостерігалось багаторазове перевищення їх доаварійних рівнів для води й риби. Тепер значною є їхня акумуляція в мулах, тобто небезпека вторинного забруднення екосистеми. Радіація разом з агроіндустріальним хімічним забрудненням створює вагомe радіаційно-хімічне навантаження на живий організм через воду й харчові ланцюги (особливо через рибу). При цьому важкі метали роблять потужний модулюючий вплив на ефекти радіації. Спостерігається серйозне порушення ряду фізіологічних і біохімічних показників. Високу адаптогенну ефективність у цих умовах показав гуминовий препарат "Торфовит".

**Ключові слова:** радіаційно-хімічне навантаження, хвостосховище, поведінкові параметри, біоелектрична активність, окси/антиоксидантний баланс, гумати.

**E.YU. ZAYCHENKO\***, **E.V. SEVERINOVSKAYA\***, **A.I. DVORETSKY\*\***,  
**O.N. MARENKOV\***, **A.S. BELOKON\***

*\*O. Honchar Dniepropetrovsk National University, Dniepropetrovsk, Ukraine*

*\*\*Dniepropetrovsk Agrarian-Economic University, Dniepropetrovsk, Ukraine*

### **ECOLOGICAL DANGER OF RADIATION-CHEMICAL POLLUTION OF PRYDNEPROVSKY REGION**

Prydniprovia is distinguished with combination of increased natural radiation background, technogenic pollution by enterprises of primary nuclear cycle, as well as "Chernobyl trace" at the expense of 137Cs and 90Sr. In 1986-90 there was many-times excess of their pre-disaster levels for water and fish. Now there is a considerable accumulation of these radionuclides in silts, i.e. the proper risk of secondary contamination of the ecosystem. Radiation together with agroindustrial chemical pollution creates the significant radiation-chemical load on a living organism through water and food chains (especially through fish). It is found that heavy metals have powerful modulating influence on the effects of radiation. In these conditions serious disturbances of a number of physiological and biochemical parameters are observed. The high adaptive effectiveness has been shown by humates preparation "Torfovit".

**Keywords:** radiation-chemical loading, tail-store, behavior parameters, bioelectrical activity, oxy/antioxidant balance, humates.