

УДК 539.1

*Л.В. Гусева***РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ МОНАЦИТОВЫХ ПЕСКОВ ПРИАЗОВЬЯ (ОБЗОР)***Донецкая областная санитарно-эпидемиологическая станция, Украина*

Реферат. В обзоре рассмотрено влияние повышенного естественного радиационного фона на организм человека. Изучено содержание естественных радионуклидов в монацитовых песках побережья Азовского моря. Показано, что основной вклад (70 %) в радиационный фон вносит изотоп торий-232. Обсуждены перспективы дальнейших исследований по проблеме.

Ключевые слова: естественные радионуклиды, монацитовые пески

Региональная проблема гигиенической оценки и профилактики неблагоприятного действия повышенного естественного радиационного фона на северном побережье Азовского моря сформировалась в последнее десятилетие. На фоне Чернобыльской аварии этому повышению за счет так называемых «черных песков» (радиоактивность которых определяется монацитовой фракцией, содержащей торий) не предавалось достаточного значения.

Так, в начале 90-х годов в гигиенических исследованиях на Азовском побережье основное внимание уделялось проблемам загрязнения морской воды и прибрежной зоны за счет сбросов промышленных, сточных и ливневых вод [1], показателям эпидемиологической безопасности воды [2]; это же касается и санитарно-гидробиологических исследований в ходе экспедиций «Меотида-90» [3]. Радиоактивное загрязнение воды оценивалось лишь по содержанию радионуклидов вследствие аварии на ЧАЭС, основные научные концепции управления экологическим состоянием морской среды, комплексный мониторинг не предусматривали оценку естественного радиационного фона [4]. При изучении радиационного состояния окружающей среды в формировании онкологической патологии населения Донбасса [5, 6] монацитовые пески Приазовья не рассматривались как значимый фактор, а в качестве основного показателя ис-

пользовалась мощность экспозиционной дозы (МЭД). В дальнейшем «черные пески» стали фигурировать как один из источников радиационного загрязнения прибрежных населенных пунктов [7, 8, 9, 10, 11], но в качестве индикатора по-прежнему применялась только величина МЭД, хотя в исследованиях ставилась задача выявления радиэкологических особенностей побережья Северного Приазовья. В результате был высказан ряд предположений, не имевших достаточного научного обоснования, в частности, о повышенной онкологической заболеваемости населения. Такой отдаленный биологический эффект действия ионизирующей радиации носит стохастический (вероятностный) характер [12] и не всегда может быть выявлен даже на огромной статистической выборке. Проведенный анализ влияния «черных песков» на показатели состояния здоровья населения Приазовья в Запорожской [13] и Донецкой [14] областях позволили сделать вывод об отсутствии связи между радиационным фоном и распространенностью онкологической патологии. В Донецкой области самые высокие показатели заболеваемости населения злокачественными новообразованиями имеют место не в Приазовье, а в Центральном-кряжном районе [5, 6].

В последние годы в результате комплексных исследований, проведенных специалистами Московского государственного университета, Приазовского государственного технического университета (г. Мариуполь), Донецкой областной и Мариупольской городской СЭС совместно с другими учреждениями, получены данные о гранулометрическом, химическом, минералогическом и радиохимическом составе «черных песков», их удельной радиоактивности [15, 16, 17, 18, 19]. Однако ни в одной из

перечисленных публикаций нет комплексной оценки: например, отсутствуют результаты полной гамма-спектрометрии различных проб и фракций песка [20].

Цель настоящей работы состояла в комплексной гигиенической оценке монацитовых песков и их возможного влияния на здоровье населения, перспектив дальнейших исследований по проблеме.

Проблема повышенного естественного радиационного фона и месторождений монацитовых песков актуальна не только для Приазовья.

На Земле имеются другие регионы с повышенным естественным радиационным фоном. Наиболее хорошо в этом отношении изучены такие районы в Индии и Бразилии.

Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах Земли, – это калий-40, рубидий-87 и члены двух радиоактивных семейств, берущих начало соответственно от урана-238 и тория-232 – долгоживущих изотопов, включившихся в состав Земли с самого ее рождения.

Разумеется, уровни земной радиации неодинаковы для разных мест земного шара и зависят от концентрации радионуклидов в том или ином участке земной коры. В местах проживания основной массы населения они примерно одного порядка. Так, согласно исследованиям, проведенным во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США [21, 22, 23, 24], примерно 95 % населения этих стран живет в местах, где мощность дозы облучения в среднем составляет от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Но некоторые группы населения получают значительно большие дозы облучения: около 3 % получает в среднем 1 мЗв в год, а около 1,5 % – более 1,4 мЗв в год. Есть, однако, такие места, где уровни земной радиации намного выше.

Залежи радиоактивных материалов встречаются в прибрежных образованиях в приморских районах Индии. Особый интерес представляет участок длиной 250 км и шириной 0,5 км на юго-западном Побережье в штатах Керала и Тамилнад. Эти залежи богаты монацитом, который содержит торий-232. Самые концентрированные залежи в штате Керала расположены на 55-километровой полосе, на которой проживает 70 000 жителей. Содержание тория в мо-

нацитах колеблется от 8,0 до 10,5 %. В штате Тамилнад также имеются высокие концентрации монацита в прибрежной полосе длиной 2,5 км. Средняя мощность поглощенной дозы в воздухе за счет земного излучения в штате Керала составляет $130 \text{ мкрад}\cdot\text{час}^{-1}$ ($11440 \text{ мкГр}\cdot\text{год}^{-1}$), что в 5 раз превышает средний радиационный фон излучения. Средняя величина поглощенной дозы для 70 000 человек, проживающих в Индии, равна $3800 \text{ мкГр}\cdot\text{год}^{-1}$. Причем 2440 получают дозы свыше 5 мГр, 6 % – свыше 10 мГр и около 0,7 % – свыше 20 мГр, что в 50 раз больше средней годовой дозы внешнего облучения от земных источников радиации.

В Бразилии залежи монацитовых песков обнаружены в штатах Эспириту-Санту и Рио-де-Жанейро вдоль Атлантического побережья. Неподалеку от города Посус-ди-Калдас в Бразилии, расположенного в 200 км к северу от Сан-Паулу, есть небольшая возвышенность. Как оказалось, здесь уровень радиации в 800 раз превосходит средний и достигает 250 мЗв в год. По каким-то причинам возвышенность оказалась необитаемой. Однако лишь чуть меньшие уровни радиации были зарегистрированы на морском курорте, расположенном в 600 км к востоку от этой возвышенности. В городе Гуарапари с населением 12 тыс. человек (и 30 тыс. человек постоянно отдыхающих) мощность поглощенной дозы колеблется в пределах $100 - 200 \text{ мкрад}\cdot\text{час}^{-1}$ ($8800 - 17600 \text{ мкГр}\cdot\text{год}^{-1}$) на улицах и до $2000 \text{ мкрад}\cdot\text{час}^{-1}$ ($176 \text{ мГр}\cdot\text{год}^{-1}$) в некоторых местах на пляже. В городе Гуарапари средняя доза облучения жителей составляет 5,5 мГр и колеблется от 0,9 до 28 мГр. Сходная ситуация наблюдается в рыбацкой деревушке Меаипе, расположенной в 50 км к югу от Гуарапари. Оба населенных пункта стоят на песках, богатых торием.

В городе Рамсар (Иран) на участке в несколько квадратных километров, где имеются источники с высоким содержанием радия-226 в воде, поглощенная доза в воздухе колеблется от 200 до $5000 \text{ мкрад}\cdot\text{час}^{-1}$ ($17,6 - 440 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$), что в 8 - 200 раз выше естественного радиационного фона в других районах мира.

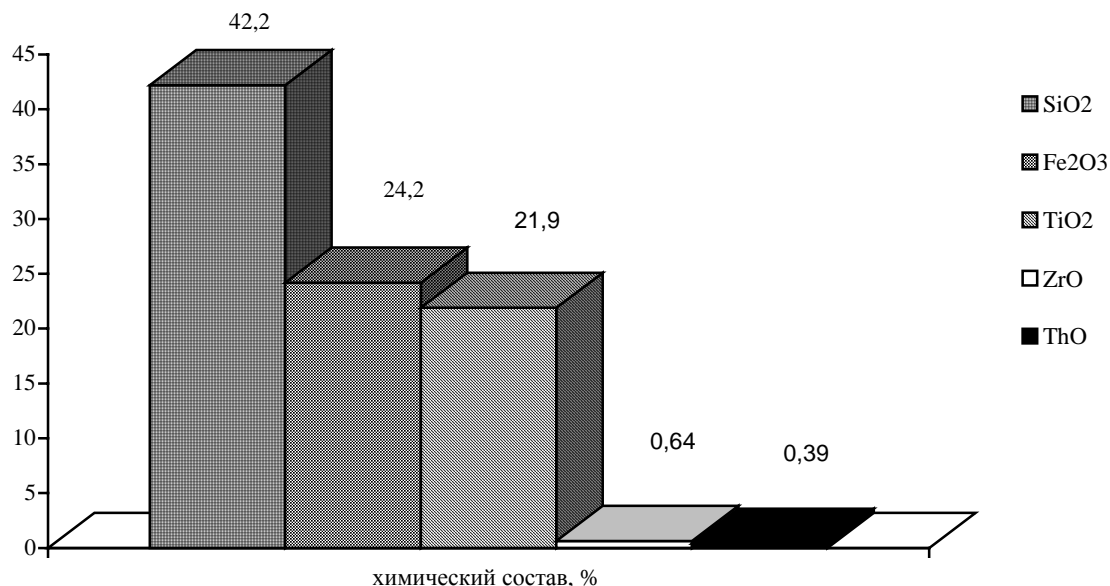


Рис. 1. Химический состав (%) «черных песков»

Известны и другие места на земном шаре с высоким уровнем радиации, например, во Франции, Нигерии, на Мадагаскаре.

По подсчетам НКДАР ООН [23, 24], средняя эффективная доза внешнего облучения, которую человек получает за год от земных источников естественной радиации, составляет примерно 350 мкЗв, т.е. чуть больше средней индивидуальной дозы облучения из-за радиационного фона, создаваемого космическими лучами на уровне моря.

На побережье Азовского моря площадь изученных пятен «черных песков» колебалась от 5 м² до 512 м², глубина залегания – 1 см - 5 см (как правило, 1 см - 3 см.), величина МЭД составляла от 30 мкР·ч⁻¹ до 125 мкР·ч⁻¹.

На первом этапе исследований был изучен химический и минералогический состав песков. Полученные данные (средние показатели) представлены на рис. 1 и 2, соответственно.

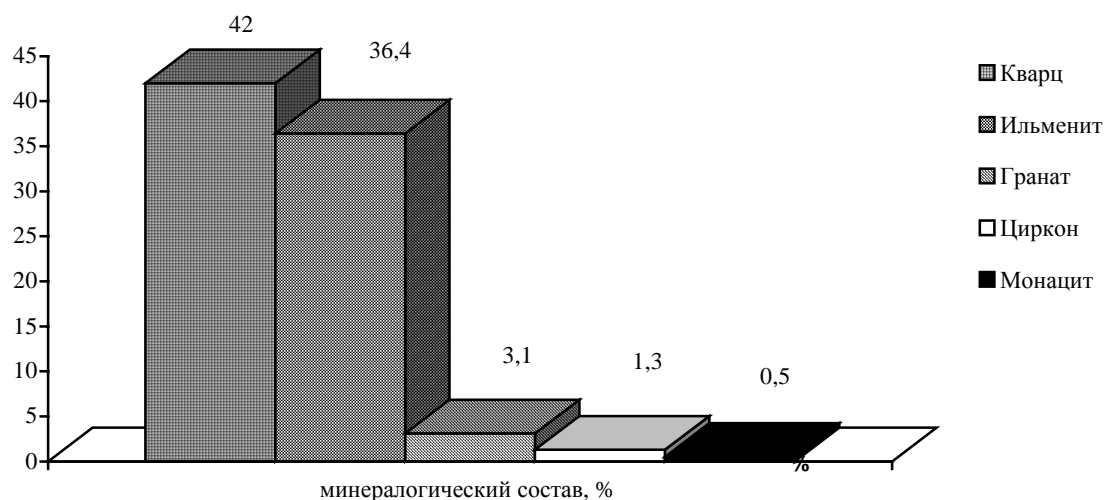


Рис. 2. Минералогический состав (%) «черных песков»

Таблица 1. Распределение радиоактивности исходного материала по входящим ЕРН ($x \pm S_x$)

Характеристика пробы	Удельная активность, Бк·кг ⁻¹			Общая Аэф, Бк·кг ⁻¹
	Радий-226	Торий-232	Калий-40	
«черный песок» из пятен малой площади n = 8	136,0 ± 20,0	1332,5 ± 129,5	165,5 ± 85,5	1895,5 ± 182,5
«черный песок» (концентрат) из пятен большой площади n = 20	249,5 ± 8,3	2398,4 ± 54,9	141,3 ± 11,3	3403,2 ± 73,6
очищенный песок n = 8	76,1 ± 10,9	453,2 ± 44,8	75,4 ± 33,5	675,3 ± 66,4

Из рис. 1 следует, что химический состав «черных песков» определяют ($\approx 88\%$) SiO₂, Fe₂O₃ и TiO₂, удельный вес оксида тория составляет менее 0,4%. Такие минералы, как кварц и ильменит составляют 78% песков, вклад монацита – 0,5% (см. рис. 2).

На втором этапе исследований изучено распределение удельной активности исходного материала (пробы «черного песка» непосредственно с побережья из пятен малой и большой площади), пробы очищенного песка (после дезактивации) по входящим в этот материал основным ЕРН, которое представлено в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что основным ЕРН в прибрежных россыпях «черных песков» является торий (~70%). В пробах концентрата («черный песок» из пятен большой площади) резко возрастает удельная радиоактивность за счет тория и радия, а в очищенном (дезактивированном) песке, соответственно, – снижается за счет тех же ЕРН.

По материалам исследований может быть сделано заключение о том, что эффективная удельная активность естественных радионуклидов в исследованных пробах превышает норматив (Аэф более 1350 Бк·кг⁻¹), установленный п. 8.5.1 НРБУ-97 [25]. Вопрос о возможных

сферах применения данного материала может быть решен на основании отдельных регламентов, по согласованию с Главным государственным санитарным врачом Украины (основание п.8.5.1 НРБУ-97).

Проведено дальнейшее дифференцирование уже известного распределения проб по ЕРН в соответствии с гранулометрическими фракциями песка (см. табл. 2).

Из данных табл. 2 видно, что фракция +0,315 - 0,250 мм (очищенный кварцевый песок) содержит незначительное количество радионуклидов, удовлетворяющее требованиям НРБУ-97 [25]. Этот дезактивированный песок согласно разрабатываемой технологии очистки возвращается на побережье.

В соответствии с материалами табл. 2 фракция -0,250 +0,140 мм и особенно фракция -0,140 мм (первичный концентрат) содержат наибольшее количество ЕРН и имеют, соответственно, высокие значения удельной активности.

Сравнивая химический, минералогический и радиохимический состав «черных песков» со средним содержанием различных элементов в земной коре и их концентрацией в рудах, можно сделать вывод о том, что такие пески следует рассматривать

Таблица 2. Распределение удельной активности ЕРН по гранулометрическим фракциям

№ пробы	Фракция, мм	Радий-226, Бк·кг ⁻¹	Торий-232, Бк·кг ⁻¹	Калий-40, Бк·кг ⁻¹	Аэф, Бк·кг ⁻¹
1	Исходный материал	218	2008	551	2895
2	+ 0,315	150	706	119	1085
3	-0,315+0,250	97	664	429	1003
4	-0,250+0,140	459---7	4872	871	6915
5	-0,140	1577	18764	1895	26319

Таблица 2. Распределение удельной активности ЕРН по гранулометрическим фракциям

№ пробы	Фракция, мм	Радий-226, Бк·кг ⁻¹	Торий-232, Бк·кг ⁻¹	Калий-40, Бк·кг ⁻¹	A _{эф.} Бк·кг ⁻¹
1	Исходный материал	218	2008	551	2895
2	+0,315	150	706	119	1085
3	-0,315+0,250	97	664	429	1003
4	-0,250+0,140	459	4872	871	6915
5	-0,140	1577	18764	1895	26319

как месторождения, обусловленные экзогенными процессами. С геологической точки зрения [26] вмещающие породы представляют собой обломочные отложения, основными рудообразующими процессами являются механическая сегрегация и накопление минералов тяжелой фракции. Морфология и тип месторождения представлены в виде согласных прослоев и линз в пляжевых осадках, главный полезный компонент «руд» – монацит, пески содержат также драгоценные и поделочные камни (рубин, циркон, гранат). Таким образом, указанные геохимические аномалии, с одной стороны, являются потенциальным источником ценных компонентов, с другой – могут оказывать неблагоприятное влияние на сельское хозяйство и показатели состояния здоровья населения.

Разработана безотходная технология переработки россыпей радиоактивных песков на побережье Азовского моря [27, 28]. В поисковых исследованиях показано, что пляжевые пески достаточно эффективно обогащаются известными методами с получением: кварцевого песка (97,5 % кварца), который возвращается на пляжи; ильменитового концентрата (47,6 % оксида титана); цирконового концентрата (63,7 % диоксида циркония); монацитового концентрата (52,7 % монацитов или 39 % суммы оксидов редкоземельных металлов). Указанная технология потребует корректной радиационно-гигиенической оценки.

Выводы.

1.Повышенный естественный радиационный фон на побережье Азовского моря создается так называемыми «черными песками», радиоактивность которых определяется монацитами.

2.В монацитовых песках основным естественным радионуклидом является торий ($\approx 70\%$).

3.Повышенная удельная радиоактивность обусловлена тяжелой фракцией песка, в связи с чем перспективна технология очистки (деактивации) побережья с возвратом легкой фракции кварцевого песка на пляжи.

Проведенный анализ свидетельствует о несомненной перспективности дальнейшей работы в данном направлении. Сложившаяся ситуация с «черными песками» на побережье Азовского моря может быть использована в качестве модели воздействия так называемых «малых доз» ионизирующей радиации на здоровье людей.

Для этого на начальном этапе последующих исследований предполагается выполнить сопоставительный анализ показателей состояния здоровья населения Першотравневого и Новоазовского районов. Первый район характеризуется наибольшей распространенностью монацитовых песков в прибрежной зоне, второй район – наименьшей. В случае необходимости анализ будет детализирован по отдельным приморским поселкам.

В качестве базовой документации будут приняты официальные учетно-статистические формы, согласно ежегодникам «Показники здоров'я населення та діяльності медичних установ Донецької області» за срок не менее 10 лет.

На втором этапе будут изучены зависимости уровней заболеваемости и других показателей состояния здоровья населения от параметров радиационного воздействия (МЭД, удельная радиоактивность песков, в случае необходимости – концентрация радона в воде).

На третьем этапе будет проведен сравнительный анализ полученных данных с аналогичными материалами по другим странам. Указанные предложения включены в «Региональную программу защиты

населения от воздействия ионизирующего излучения в Донецкой области на 2003 - 2007 г.г.».

L.V. Guseva

Radioactive-Hygienic Aspects of Pryazovie Monacyting Sands' Problem

The influence of heightened natural radiation background on human organism has been considered in the review. The maintenances of natural radionuclides in monacyting sands of Azov sea' coast has been investigated. It has been shown that an isotope thorium-232 brings the basic contribution (70 %) to a radiating background. Perspectives of further research of the problem have been discussed. (Vestn. Hyg. Epid. – 2003. – Vol. 7, № 1. – P. 114 - 120).

Key words: natural radionuclides, monacyting sands

Л.В. Гусева

Радіаційно-гігієнічні аспекти проблеми монацитових пісків приазов'я

В огляді розглянуто вплив підвищеного природного радіаційного фону на організм людини. Вивчено зміст природних радіонуклідів у монацитових пісках узбережжя Азовського моря. Показано, що основний внесок (70 %) у радіаційний фон вносить ізотоп торій-232. Обговорено перспективи подальших досліджень по проблемі. (Вісн. гіг. епід. – 2003. – Т. 7, № 1. – С. 114 - 120).

ЛІТЕРАТУРА

1. Боев С.Е., Клысак Ю.Г., Тулушев Е.А. и др. К вопросу о санитарно-гигиеническом состоянии прибрежной зоны г. Мариуполя // Актуальные вопросы гигиены и эпидемиологии Донбасса: Тезисы докл. науч.-практ. конф. 28 мая 1993 г. – Донецк, 1993. – С. 54 - 55.
2. Трач В.Ф., Грищенко В.П., Градусова Л.И., Ермаченко А.Б. Некоторые аспекты прогноза оздоровления населения на побережье Азовского моря Донецкой области // Актуальные вопросы гигиены и эпидемиологии Донбасса: Тезисы докл. науч.-практ. конф. 28 мая 1993 г. – Донецк, 1993. – С. 45 - 46.
3. Белецкий В.И., Боев С.Е., Сиденко В.П. и др. Результаты санитарно-гидробиологических исследований Азовского моря по материалам экспедиции «Меотида-90» // Науч.- общ. чтения по проблемам экологии и охраны природы Азовского моря (тезисы докл. 23 - 24 апреля

1991г.). – Мариуполь, 1991. – С. 9 - 11.

4. Практическая экология морских регионов. Черное море / Под ред. В.П. Кеонджяна, А.М. Кудина, Ю.В. Терехина. – К.: Наукова думка, 1990. – 253 с.

5. Агарков В.И., Грищенко С.В., Коктышев И.В. и др. Значение радиационного загрязнения окружающей среды в формировании онкологической патологии населения Донбасса // Экологическая антропология: Материалы IV Межд. науч.-практ. конф. «Экология человека в постчернобыльский период» 25 - 27 марта 1998 г. – Минск: Дзеці Чарнобыля, 1998. – С. 45 - 47.

6. Агарков В.И., Грищенко С.В., Степанова М.Г. и др. Радиационное состояние экологической среды и его роль в формировании онкологической пораженности населения Донбасса // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 1998. – Т. 2, № 1(3). – С. 82 - 87.

7. Экология Мариуполя / Под ред. М.А. Поживанова. – Мариуполь: Стратегия, 1998. – 224 с.

8. Гусаков Г.Н., Пасека В.И. Об опыте радиоэкологических исследований радиационного поля в северной части Азовского моря // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 1999. – Т. 3, № 2 (Приложение). – С. 24 - 25.

9. Боев С.Е., Волошин В.С., Гусаков Г.Н. и др. Радиоэкологические особенности побережья Северного Приазовья // Межд. конф. «Приморские поселки Черного и Азовского морей: совместно к устойчивому развитию». 12-16 марта 2001 г. Севастополь, Крым, Украина: Тезисы. – Севастополь, 2001. – С. 56.

10. Рязанцев Г.Б., Орел О.И., Данильченко О.А. и др. Радиоэкология Северного Приазовья // IV съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). Москва, 20-24 ноября 2001 г.: Тезисы докладов. – М.: Изд. Росс. УДН, 2001. – Т. II. – С. 610.

11. Дерябина Г.Н. Радиация и человек. – Мариуполь: ЗАО «Газета «Приазовский рабочий», 2001. – 256 с.

12. Николенко В.Ю., Бондаренко Г.А., Головченко Ю.И., Ластков Д.О. Медицинские последствия действия ионизирующих излучений // Международный медицинский журнал. – 1999. – Т. 5, № 3. – С. 109 - 111.

13. Мягченко А.П. Причины заболеваемости и смертности в Северном Приазовье // Экологические и экономико-правовые механизмы управления приморскими регионами и морскими экосистемами. Межд. науч.-практ. конф. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2001. – С. 40-41.

14. Задорожный Б.В., Орел О.Л. «Черные пески Приазовья и их влияние на здоровье

- населения // Экологические и экономико-правовые механизмы управления приморскими регионами и морскими экосистемами. Межд. науч.-практ. конф. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2001. – С.52.
15. *Боев С.Е., Елистратова Н.Ю., Фелосеев В.М. и др.* Радиоэкологические исследования «черных песков» Северного побережья Азовского моря // Тезисы докладов VII региональной научно-технической конференции, посвященной 70-летию университета. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2000. – Т. II. – С. 71 - 72.
16. *Севальнев А.И., Костенецкий М.И.* радиационно-гигиеническая характеристика «черных песков» Азовского побережья // Экологические и экономико-правовые механизмы управления приморскими регионами и морскими экосистемами. Межд. науч.-практ. конф. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2001. – С. 29 - 30.
17. *Рязанцев Г.Б., Хасков А.В., Лазаренко И.М. и др.* Радионуклидный, химический, минералогический и гранулометрический состав радиоактивных песков Северного Приазовья // Экологические и экономико-правовые механизмы управления приморскими регионами и морскими экосистемами. Межд. науч.-практ. конф. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2001. – С. 53.
18. *Антюхов А.А., Данильченко О.А., Рязанцев Г.Б.* Электромагнитные и ионизирующие излучения на северном побережье Азовского моря // Экологические и экономико-правовые механизмы управления приморскими регионами и морскими экосистемами. Межд. науч.-практ. конф. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2001. – С.121.
19. *Кармаза В.С., Рязанцев Г.Б.* Анализ состава россыпей «черных песков» на побережье Азовского моря // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2003. – Вип. 13. – С.1 - 4.
20. *Гусева Л.В., Дубровская Н.Г., Исаева Л.З.* Состояние радиоэкологической паспортизации территории Донецкой области // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2002. – Т. 6, № 2 (Приложение). – С. 164 - 166.
21. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 79 с.
22. *Сидоренко Г.И., Гончарук Е.И., Захарченко М.П., Новожилов Г.Н.* Экогигиенические проблемы радиоактивного загрязнения биосферы // Современные проблемы экогигиены. Ч.II. – К.: Хрещатик, 1993. – С. 3 - 31.
23. Облучение от естественных источников ионизирующего излучения, НКДАР ООН, 36 сессия, 23 - 27 марта 1987 г. – Вена, 1987. – 178 с.
24. *Крисюк Э.М.* Уровни и последствия облучения населения // АНРИ. – 2002. – № 1 (28). – С. 4 - 12.
25. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97; Державні гігієнічні нормативи. – К.: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
26. *Уотсон Дж.* Геология и человек: Пер с англ. – Л.: Недра, 1986. – 184 с.
27. *Кармаза В.С.* Технологическое решение проблемы очистки побережья Азовского моря от россыпей радиоактивных монацитовых песков // Экологические и экономико-правовые механизмы управления приморскими регионами и морскими экосистемами. Межд. науч.-практ. конф. – Мариуполь: Изд. ПГТУ, 2001. – С.27-29.
28. *Кармаза В.С.* Безотходная технология переработки россыпей радиоактивных монацитовых песков на побережье Азовского моря // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2002. – Вип. 12. – С. 272 - 274.

Надійшла до редакції 21.05.2003