

ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОЗЕРА МАСАЗЫР И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕЙ ТЕРРИТОРИЙ

Гусейнова Саадат Аслан кызы, канд. хим. наук

Институт Экологии Национального аэрокосмического агентства Азербайджана
(Азербайджан, г. Баку)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-9-1-7-16

Аннотация. Статья посвящена радиоэкологическим исследованиям жидкой и твердой фазы, а также прилегающих к ней территорий, промышленно значимого соленого озера Масазыр, расположенного на Абшеронском полуострове.

С одной стороны, естественные преобразования озерных экосистем в результате постоянных энергетических, информационных и обменных процессов в окружающей среде и возможности попадания радиоактивных изотопов в соляной смеси, собранной в рапе, которая используется в качестве сырья для поваренной соли, а с другой стороны, возрастание разнообразия и скорости комплексного антропогенного воздействия изо дня в день, представляет интерес для радиоэкологического исследования промышленно значимых озер Абшерона.

На основании полученных значений радиационного уровня, суммарной объемной активности радона и результатам гамма-спектрометрического анализа разработаны «Интерполяционная карта уровня радиации соленого озера Масазыр» и «Карта распределения суммарной объемной активности радона (Q , Бк/м³) на территориях соленого озера Масазыр».

Ключевые слова: Абшеронский полуостров, мощность эквивалентной дозы, озеро Масазыр, радон, удельная активность, радиоэкологическое состояние.

Площадь водной поверхности оз. Масазыр около 10 км², длина 4,7 км, средняя ширина 2,1 км. Глубина озера меняется в широких пределах – от 0,1 до 1,0 м. Соленость воды доходит до 330 г/л, концентрация NaCl составляет 270 г/л. В озерной котловине накопилось огромное количество донных отложений, их толщина пре-

вышает 9,5 м. В определенных интервалах глубин донных отложений оз. Масазыр имеются соляные слои, например: толщиной 0,3 м в интервале глубин 4,80-5,10 м, толщиной 0,05 м в интервале 5,75-5,80 м, толщиной 0,15 м в интервале 6,45-6,60 м и толщиной 0,3 м в интервале 7,30-7,60 м [17] (рис. 1).



Рис. 1. Профиль донных отложений центральной части оз. Масазыр (составлен по материалам Я.В. Гаврилова)

По минеральному составу донные отложения отличаются: начиная с глубины 0,2 м. оз. Масазыр среди тяжелых фракций ведущее место занимают пироксены (50%), а среди легких – глинистые минеральные обломки (92%).

Являясь важным источником для производства соли, самосадочные озера отличаются изумительными природными свойствами. Поскольку их соленость очень высокая (300-350 мг/л), они необитаемы для рыб и многих других организмов, традиционно населяющих озера. Часто в них

обитают микроорганизмы *Dunaliella Salina* – микроскопические одноклеточные подвижные водоросли. Их клетки содержат красный пигмент β-каротин, в результате воды озера окрашиваются в розовые и красные тона. Такие озера обычно называют «озеро цвета фламинго». Это явление характерно и для озера Масазыр.

Как и большинство из более чем 200 естественных и искусственных водоемов, расположенных на полуострове, озеро Масазыр также подверглось антропогенному воздействию (табл. 1).

Таблица 1. Соляное озеро Масазыр при естественном и нарушенном режимах

Озеро Масазыр		
В естественном состоянии	Проточность	
	Площадь поверхности, км ²	9,2
	Макс. глубина, м	1-2
	Минерализация, г/л	50-360
	Использование	Добыча соли, медицина
При антропогенном режиме	Состояние, проточность	
	Площадь поверхности, км ²	Активное антропогенное воздействие отсутствует
	Макс. глубина, м	
	Минерализация, г/л	
	Особенности природы и использование	

В озеро Масазыр в основном сбрасываются бытовые и коммунальные воды сел Масазыр и Новханы. В ионном составе воды преобладают хлориды и сульфаты. Несмотря на то, что концентрации соединений кальция и магния относительно низкие, их показатели превышают санитар-

ную норму. Аналогично, концентрации меди и кадмия, детергентов и нефтепродуктов в качестве загрязняющих веществ во много раз превышают предельно допустимые концентрации (ПДК). Воды оз. Масазыр подвергаются высокому загрязнению (табл. 2) [2].

Таблица 2. Экологическое состояние озера Масазыр

Название	Абсолютная высота, м	Площадь водной поверхности, км ²		Минерализация рапы в начале лета, г/л		Степень загрязнения*	Преобладающие источники загрязнения**
		Естественное состояние	Нарушенное состояние	Естественное состояние	Нарушенное состояние		
Масазыр	0	8,2	9,1	>300	300	C	1, 2

* степень загрязнения: C – слабое.

** Источники загрязнения: 1 – остаточные воды от полива полей, 2 – коммунальные стоки.

При использовании в качестве источника сырья соленых озер, включая озера Масазыр, выбранного в качестве объекта исследования, основным производимым продуктом является поваренная соль, состоящая в основном из хлорида натрия. По

результатам химических анализов, проведенных некоторыми авторами, установлено, что в озерной воде, донных отложениях и соляных слоях наряду с хлоридом натрия содержатся и другие соли, а также хлорид калия (горькая соль). Количество

других солей зависит от различных факторов: температуры, геологического генезиса, характера источника питания, удаленности от моря, состава материнской породы и др.

Известно, что в почвах и породах, распространенных на территориях Азербайджана, образующих дно озера, помимо обычного изотопа калия присутствует радиоактивный изотоп К-40. Значения скоростей растворения и осаждения хлоридов калия и натрия мало различаются, поэтому соосаждение неизбежно как в лабораторных, так и в естественных условиях. Таким образом, не исключается возможность наличия хлорида калия и хлорида калия-40 в составе производимой поваренной соли.

С одной стороны, естественные преобразования озерных экосистем в результате постоянных энергетических, информационных и обменных процессов в окружающей среде и возможности попадания радиоактивных изотопов в соляной смеси, собранной в рапе, которая используется в качестве сырья для поваренной соли, а с другой стороны, возрастание разнообразия и скорости комплексного антропогенного воздействия изо дня в день, представляет интерес для радиоэкологического исследования промышленно значимых озер Абшерона.

Помимо научного интереса, проведение радиоэкологических исследований соленого озера Масазыр имеет серьезное практическое значение. Выше уже упоминалось, что это озеро в настоящее время используется как источник сырья для производства поваренной соли. Важно, чтобы все показатели поваренной соли, используемой в качестве пищевого продукта, в том числе количество радионуклидов в ее составе, соответствовали международным санитарно-эпидемиологическим и экологическим нормам. Соблюдение этих требований регулируется соответствующими законами и нормативными актами, обра-

зующими соответствующую законодательную базу [3, 4].

Радиоэкологические исследования, как известно, в основном заключаются в определении уровня радиации и радона, измерении удельной радиационной активности проб почвы и воды, взятых на территории радиационного риска.

Радон, являющийся радиоактивным газом, не может быть определен в водоемах стандартными методами. Для этого следует произвести измерения специальными аппаратами. По мере того, как радон, поднимающийся на поверхность со дна водного бассейна, эманурует в воздух, его плотность достигает безопасного уровня в приземной атмосфере. При недостаточном воздухообмене увеличивается концентрация хорошо растворимого в воде радона и увеличивается возможность его перехода в жизненные циклы.

Предел насыщения радоном водных объектов определяется правилами радиационной безопасности (РФ, НРБ-99). Для стран СНГ этот предел определен как 60 Бк/кг, а для США – 11 Бк/кг [5].

Экспериментальная часть.

1. Измерение уровня радиации и обсуждение результатов.

Радиометрические измерения проводились в районе Масазырского солеперерабатывающего завода и Масазырского соленого озера Абшеронского экономического района. Пробы почвы и смеси рапавых солей были взяты из мест с относительно высоким фоном. На участках, выбранных в качестве объектов исследования, было проведено 10 радиометрических измерений в 5 точках и 16 радиометрических измерений вдоль магистральных дорог в 4 географических направлениях. Радиометрические измерения были проведены в осенний сезон согласно методике (16-17.11.2020) в 9^{00} ; 15^{00} ; 18^{00} . Результаты приведены в таблице ниже.

Таблица 3. Радиометрические измерения на солеперерабатывающем заводе и прилегающих территориях (мкР/час).

№	Название пунктов	16.11.2020-17.11.2020
		МЭД
По территориям		
1	Склад	9
2	Территория вокруг завода	10-11
3	Административное здание завода	15-10
4	Склад готовой продукции	11-9
5	Производственное здание	14-12
По географическим направлениям (вдоль магистральной дороги), время 9 ⁰⁰		
6	Северное направление	11-10
7	Южное направление	13
8	Восточное направление	14-9
9	Западное направление	11-10
По географическим направлениям (вдоль магистральной дороги), время 15 ⁰⁰ -18 ⁰⁰		
10	Северное направление	11-10
11	Южное направление	12-9
12	Восточное направление	11-9
13	Западное направление	13-11

МЭД – мощность эквивалентной дозы.

2. Значения объемной активности радона и торона, расчет суммарного объема активности.

Расчет значений объемной активности радона и торона осенью (16-17.11.2020) и весной (23-30.04.2021; 05-07.05.2021) измерено согласно методике [6, 7].

С целью определения значений объемной активности радона и торона в районах исследований проведено 65 радиометрических измерений в 5 пунктах, 116 в 4 географических направлениях и 110 вдоль побережья, результаты проанализированы и обобщены, окончательные средние значения приведены ниже (табл. 4, 5).

Таблица 4. Суммарные значения объемной активности радона (Q) на Масазырском солперерабатывающем заводе и прилегающих к ней территориях (16.11.2020-17.11.2020)

№	Название пунктов	Радон ЭРОА*, Бк/м ³	Торон ЭРОА, Бк/м ³	Q
По территориям				
1	Склад	12	4-5	30,4-35
2	Территория вокруг завода	10-11	3-5	23,8-34
3	Административное здание завода	13-14	4	31,4-32,4
4	Склад готовой продукции	12-13	3-5	25,8-36
5	Производственное здание	12-15	4-6	30,4-42,6
По географическим направлениям (вдоль магистральной линии), время 9 ⁰⁰				
6	Северное направление	11	3-5	24,8-34
7	Южное направление	11-13	4	29,4-31,4
8	Восточное направление	12	2-4	21,2-30,4
9	Западное направление	10-12	2-4	19,2-30,4
По географическим направлениям (вдоль магистральной линии), время 15 ⁰⁰ -18 ⁰⁰				
10	Северное направление	11	3-5	24,8-34
11	Южное направление	11	3	24,8
12	Восточное направление	11-13	2-4	20,2-31,4
13	Западное направление	13	4	31,4

ЭРОА – эквивалентная равновесная объемная активность.

Таблица 5. Суммарные значения объемной активности радона (Q) в окрестностях озера Масазыр (вдоль побережья, через каждые 100 м)

№	Номера пунктов	Радон ЭРОА, Бк/м ³	Торон ЭРОА, Бк/м ³	Q
1	1	10	3	23,8
2	2	11	3	24,8
3	3	12	4	30,4
4	4	10	4	28,4
5	5	13	5	36
6	6	12	4	30,4
7	7	13	5	36
8	8	14	4	32,4
9	9	10	3	23,8
10	10	12	4	30,4

Таблица 6. Суммарные значения объемной активности радона (Q) на Масазырском солперерабатывающем заводе и прилегающих к ней территориях (23.04.2021-30.04.2021)

№	Название пунктов	Радон ЭРОА, Бк/м ³	Торон ЭРОА, Бк/м ³	Q
По территориям				
1	Склад	9-12	3-6	22,8-39,6
2	Территория вокруг завода	8-11	2-5	17,2-34
3	Административное здание завода	7-14	3-6	20,8-41,6
4	Склад готовой продукции	5-11	2-4	14,2-29,4
5	Производственное здание	6-10	2-4	15,2-28,4
По географическим направлениям (вдоль магистральной дороги), время 9 ⁰⁰				
6	Северное направление	9-12	3-5	22,8-35
7	Южное направление	8-13	3-5	21,8-36
8	Восточное направление	6-12	3-6	19,8-39,6
9	Западное направление	4-10	1-4	8,6-28,4
По географическим направлениям (вдоль магистральной дороги), время 15 ⁰⁰ -18 ⁰⁰				
10	Северное направление	4-12	2-5	13,2-35
11	Южное направление	7-14	3-6	20,8-41,6
12	Восточное направление	4-11	2-3	13,2-24,8
13	Западное направление	3-11	1-4	7,6-29,4
Вдоль береговой линии, (через каждые 100 м-ов)				
14	1	10-13	3-5	23,8-36
15	2	10-14	4-5	28,4-37
16	3	9-13	3-5	22,8-36
17	4	10-13	3-6	23,8-40,6
18	5	9-13	3-5	22,8-26,8
19	6	8-13	3-5	21,8-36
20	7	6-14	2-5	15,2-37
21	8	5-11	1-4	9,6-29,4
22	9	5-12	2-5	14,2-35
23	10	6-11	3-4	19,8-29,4

Таблица 7. Суммарные значения объемной активности радона (Q) на Масазырском солеперерабатывающем заводе и прилегающих к ней территориях (03.05.2021-07.05.2021).

№	Название пунктов	Радон ЭРОА, Бк/м ³	Торон ЭРОА, Бк/м ³	Q
По территориям				
1	Склад	8	2-3	17,2-21,8
2	Территория вокруг завода	7	3-4	20,8-25,4
3	Административное здание завода	6-8	2-3	15,2-21,8
4	Склад готовой продукции	10	3	23,8
5	Производственное здание	9	3	22,8
По географическим направлениям (вдоль магистральной дороги), время 9 ⁰⁰				
6	Северное направление	8-9	3-4	21,8-27,4
7	Южное направление	7-10	3-4	20,8-28,4
8	Восточное направление	6	2-3	15,2-19,8
9	Западное направление	5	1-2	9,6-14,2
По географическим направлениям (вдоль магистральной дороги), время 15 ⁰⁰ -18 ⁰⁰				
10	Северное направление	4-6	1-2	8,6-15,2
11	Южное направление	6-8	3-4	19,8-26,4
12	Восточное направление	7-9	2-3	16,2-22,8
13	Западное направление	8-9	4-5	26,4-32
Вдоль береговой линии, (через каждые 100 м-ов)				
14	1	7-9	3-6	20,8-36,6
15	2	5-9	1-2	9,6-18,2
16	3	8-10	3-4	21,8-28,4
17	4	7-8	4-5	25,4-31
18	5	6-7	2-4	15,2-25,4
19	6	6-8	1-2	10,6-17,2
20	7	8	2-3	17,2-21,8
21	8	7-8	2-4	16,2-26,4
22	9	6-7	1-2	10,6-16,2
23	10	7	2-3	16-20,8

На территории объекта исследований были измерены объемная активность радона и торона, и рассчитана эквивалентная равновесная объемная активность радона по формуле

$$Q = \text{ЭРОА}_{\text{Rn}} \times 4,6 \text{ЭРОА}_{\text{Tn}}$$

Здесь Q – значение общей объемной активности радона;

ЭРОА_{Rn} – значение эквивалентной равновесной объемной активности радона;

ЭРОА_{Tn} – значение эквивалентной равновесной объемной активности торона.

Это значение колеблется в интервале ($Q=7,6-42,6$ Бк/м³), который находится в пределах нормы (100Бк/м³).

Построена диаграмма распределения объемной активности (Q) радона и торона (рис. 2).

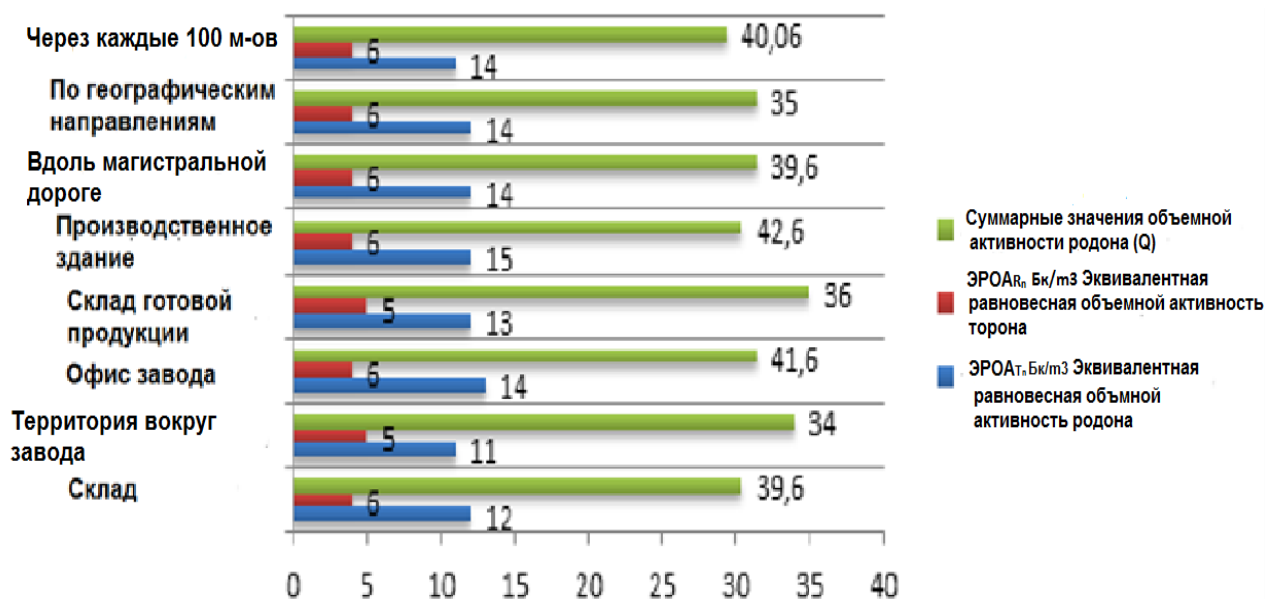


Рис. 2. Диаграмма распределения суммарной объемной активности радона, ЭРОА радона и торона в районах соленого озера Масазыр

3. Анализ результатов гамма-спектрометрического анализа.

Результаты гамма-спектрометрического анализа проб почвы и солей, отобранных

на территориях объекта исследований приведены в таблице 8.

Таблица 8. Гамма-спектрометрический анализ пробы соли и почвы отобранных на территориях объекта исследований

Тип пробы	Единица измерения	Смесь солей	Почва
емкость для анализа	Бк/кг	усеченный конус	цилиндр
A* Cs-137	Бк/кг	0,58**	0,58**
A Sr-90	Бк/кг	0,46**	0,46**
A Ra-226 (Pb-214)	Бк/кг	4,5±0,3	31,5±2,0
A Ra-228 (Th-232)	Бк/кг	2,5±0,3	22,5±3,2
A K-40	Бк/кг	70±3	270±19
A Pb-210	Бк/кг	4,6±0,8	42,6±4,8
A U-238 (Pa-234)	Бк/кг	0,11±0,02	46,8±7,2
A Th-232	Бк/кг	0,05±0,01	28,2±4,2
Aэфф	Бк/кг	13,7±0,3	91,4±6,0

*- удельная активность

** - минимальная детектированная активность (МДА)

Удельная эффективная активность радионуклидов с приведенной ниже формулой рассчитывается.

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra226}} + 1,31A_{\text{Th232}} + 0,085A_{\text{K40}}$$

A – удельная активность радионуклида.

Сравнительный анализ таблицы 8 показывает, что удельная активность изотопа K-40 (270 Бк/кг) в пробах почвы, отобранных в районе озера Масазыр, в

несколько раз превышает удельную активность проб солевой смеси (70 Бк/кг).

4. Разработка «Интерполяционной карты уровня радиации соленого озера Масазыр» и «Карты распределения суммарной активности радона (Q, Бк/м³) на территориях соленого озера Масазыр».

При составлении карты соленого озера Масазыр использовались спутниковые

снимки, базовые карты и результаты измерений. В первую очередь были получены космические снимки со спутника LANDSAT-8 и топографические базовые карты, размещенные в программном обеспечении ArcGIS изображающие район исследований. Полученные космические

снимки отражают время проведения измерений (13 апреля 2021 г.). Спутниковые данные LANDSAT-8 и базовые карты с разрешением панхроматического изображения 15 м позволяют определить местоположения района исследований и его границы.

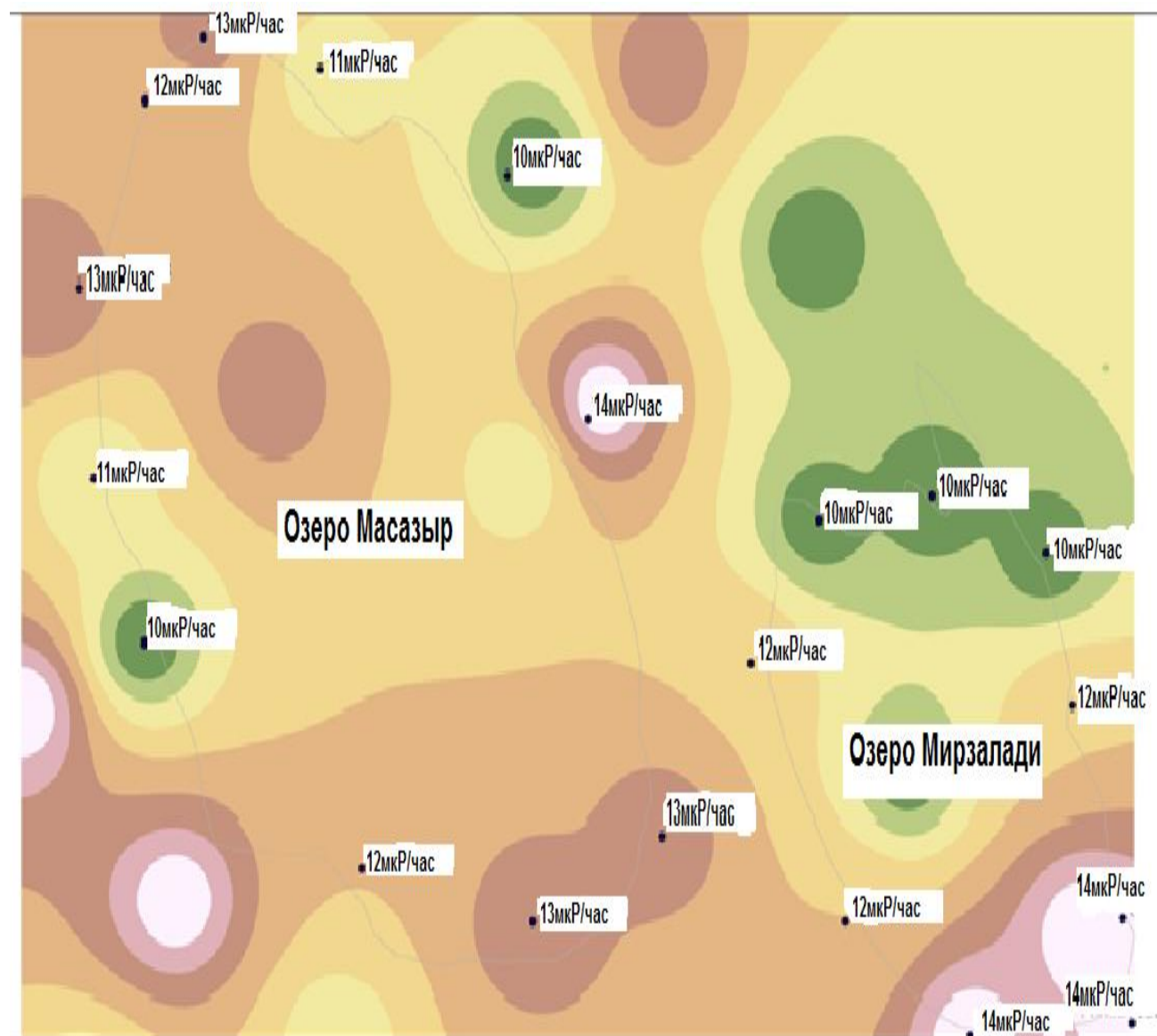


Рис. 3. Интерполяционная карта уровня радиации соленого озера Масазыр

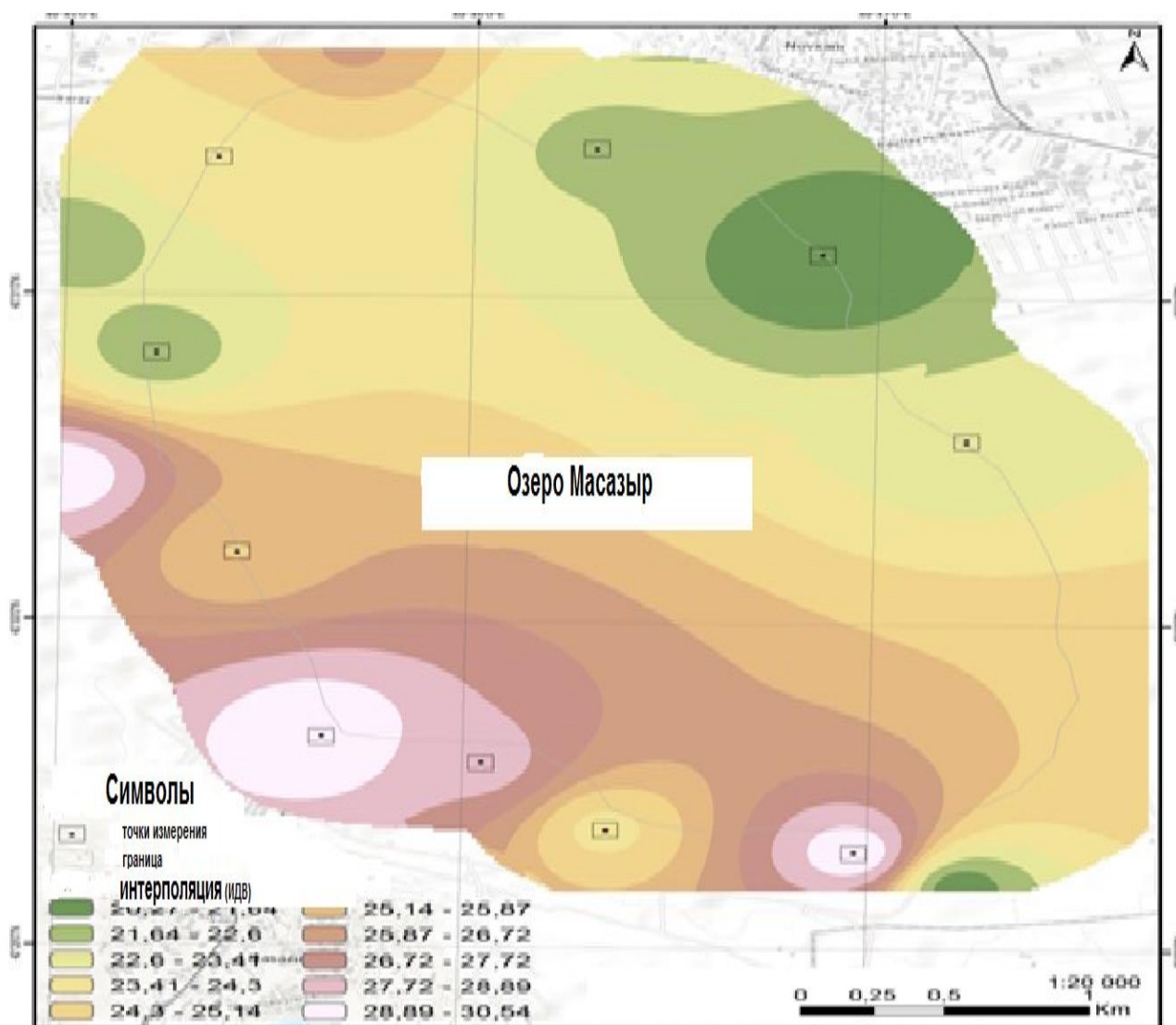


Рис. 4. Карта распределения суммарной объемной активности радона на территориях соленых озер Масазыр

Результаты исследования

- проведено 20 радиометрических измерений в 5 точках, 48 в 4 географических направлениях и 30 вдоль береговой линии в районе Масазырского солеперерабатывающего завода, Масазырского соляного озера,

- величина МЭД в исследуемых районах варьировала в пределах 9-15 мкР/ч, что несколько превышает средние значения радиационного фона Абшеронского полуострова (6-13 мкР/ч). Изотоп К-40 в почвах Абшерона можно объяснить относительно высокой эффективной активностью (А) радионуклидов Ra-226, Ra-228 и Th-232 в солевой смеси, являющейся основным сырьем озер.

- значение суммарной эквивалентной равновесной объемной активности радона

колеблется в интервале $Q=7,6-42,6$ Бк/м³, которое находится в пределах нормы (100 Бк/м³). Относительно высокое значение Q на территориях соленых озер объясняется пористостью и трещин на поверхности в грунте. Проведен гамма-спектрометрический анализ проб почвы и солевой смеси, отобранных на территории объекта исследования. Значения удельных активности изотопов Ra-226, Ra-228, K-40, Pb-210, U-238, Th-232 в пробах намного выше, чем минимально детектируемая активность этих изотопов;

- значение удельной активности изотопа К-40 (270 Бк/кг) в пробах почвы, отобранных на территориях оз. Масазыр, в несколько раз выше удельной активности проб солевой смеси (70 Бк/кг);

- значение удельной активности изотопа Рb-210 в соленом озере Масазыр составляет $4,6 \pm 0,8$ Бк/кг, что может быть результатом загрязнения антропогенными факторами, особенно сточными водами местности;

- разработаны «Интерполяционная карта уровня радиации соленого озера Масазыр», «Карта распределения суммарной объемной активности радона (Q , Бк/м³) на территориях соленого озера Масазыр».

Библиографический список

1. Guliyeva I. From the history of salt production in Azerbaijan // IRS My Azerbaijan. – 2014. – № 3 (18). – P. 18-25.
2. Кахраманова Ш.Ш., Основные источники загрязнения озер на территории города Баку // Академический Вестник Уралниипроект РААСН. – 2012. – №2. – С. 22-24.
3. «О йодировании соли для массовой профилактики йоддефицитных заболеваний» Закон Азербайджанской Республики. №242-ПQ 27.11.200.
4. «Программа продовольственной безопасности Азербайджанской Республики» 2 пункт, 2001 г.
5. Демидов А.В., Дыганова Р.Я. Приборы и методы регистрации радона в воздухе, воде и почве // Проблемы энергетики. – 2011. – №5-6.
6. Дьяконов К.Н., Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза. – М., 2005.
7. Барсуков О.А., Барсуков К.А. Радиационная экология. – М.: Научный мир, 2003.

RADIOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INDUSTRIALLY IMPORTANT MASAZIR SALT LAKE AND SURROUNDING AREAS

Huseynova Saadat Aslan Kyzy, *Candidate of Chemical Sciences*
Institute of Ecology of the National Aerospace Agency of Azerbaijan
(Azerbaijan, Baku)

Abstract. *The article is devoted to radioecological research of the liquid and solid phase of the industrially important Masazir salt lake located on the Absheron Peninsula as well as the surrounding areas.*

On the one hand, the natural transformation of lake ecosystems and the possibility of the presence of radioactive isotopes in the salt mixture collected in the rapa, on the other hand, the intensification of anthropogenic influence have made it urgent to carry out radioecological studies of Masazir Lake.

Based on the values of radiation level and total volume activity of radon, "Interpolation map of the radiation level of Masazir salt lake", and based on the results of gamma spectrometric analysis, "Map of distribution of total volume activity of radon in the areas of Masazir salt lake (Q , Bk/m³)" was drawn up.

Keywords: *Absheron peninsula, equivalent dosage strength, Masazir lake, radon, special activity, radioecological.*