

УДК 54.08.01

<https://doi.org/10.15407/ugz2017.02.040>**Рустамов Галиб Исак оглы, Исаев Агиль Надир оглы***Институт географии имени академика Г.А. Алиева Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку***ВЛИЯНИЕ ТОКСИЧНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ АГРО-ЛАНДШАФТОВ ШИРВАНСКОЙ РАВНИНЫ****Рустамов Галиб Исак оглы, Исаев Агиль Надир оглы***Институт географії імені академіка Г.А. Алієва Національної Академії Наук Азербайджану, Баку***ВПЛИВ ТОКСИЧНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА ТРАНСФОРМАЦІЮ АГРОЛАНДШАФТІВ ШИРВАНСЬКОЇ РІВНИНИ**

Внаслідок проведених Інститутом географії імені академіка Г.А.Алієва НАН Азербайджану в 2012-2015 рр. науково-дослідних робіт на Ширванській рівнині, на основі закономірностей міграції та концентрації поширених на території мікро- і макроелементів, було вивчено геохімічні особливості агроландшафтів. Уперше для зони дослідження із застосуванням ГІС було укладено Геохімічну карту агроландшафтів Ширванської рівнини Азербайджану (за мікроелементами). Вивчено їх вплив на живі організми – рослини та тварини, а також на здоров'я людей. Відповідні рекомендації пропонуються на основі розгляду наукових доказів.

**Ключові слова:** агроландшафти; екогеохімія; мікроелементи; геохімічні особливості ландшафтів; ГІС; Ширванська рівнина.

**Rustamov Galib Isaq oglu, Isayev Agil Nadir oglu***Academician H.A. Aliyev Institute of Geography of Azerbaijan National Academy of Sciences***INFLUENCE OF TOXIC MICROELEMENTS ON THE TRANSFORMATION OF AGROLANDSCAPES OF THE SHIRVAN LOWLAND**

As a result of the researches carried out in the Shirvan lowland from 2012 to 2015, geochemical features of agrolandscapes were studied on the basis of the regularities of migration and concentration of microelements, spread in the study area. For the first time The geochemical-landscape map of agrolandscapes of the Shirvan lowland was compiled (scale 1:350 000) through the use of GIS. The impact of geochemical conditions on the living organisms – plants and animals, and also on the health population is studied. Relevant recommendations are proposed on the basis of considering scientific arguments.

**Keywords:** geochemistry; ecogeochemistry; microelements; geochemical features of landscapes; GIS; Shirvan lowland.

**Актуальность темы**

Защита природно-территориальных комплексов среды обитания человека, а также изучение эколого-геохимической обстановки с целью ее дальнейшего оздоровления имеют важное научно-практическое значение. Ранее проводимые исследования в отдельных районах Азербайджана, направленные на изучение природных ландшафтов, подверженных антропогенной трансформации, были недостаточны в этом контексте. В результате проведенных исследований было установлено, что за последнее время в агроландшафтах Ширванской равнины произошли значительные изменения эколого-геохимических процессов. С целью обеспечения продовольственной безопасности в Азербайджанской Республике необходимо расширить комплексные научные работы, направленные на изучение потенциала земельных угодий. В этом отношении большое значение имеет исследование интенсивно освоенных территорий.

Исследуемая Ширванская равнина является территорией, наиболее подверженной антропогенному воздействию. Здесь в течение многих лет наряду с существующими агроландшафтами, создаются условия для образования новых, что является предпосылкой для изучения их геохими-

ческих особенностей, формирования здоровой среды, повышения производительности, а также расширения наиболее выгодных с точки зрения рентабельности участков агроландшафта.

Исторически Ширванская равнина являлась основным агроландшафтом, на обширных территориях которого произрастали такие культуры как люцерна, зерно, хлопок, рис и бахчевые. В последнее время на создаваемых агроландшафтах внедряются и такие растения как лакрица, морковь, арахис, кукуруза, подсолнечник. Различная концентрации химических элементов на данных агроландшафтах, ее показатели относительно нормы дают возможность определить воздействие на общее экологическое состояние экосистемы. Распространение токсичных элементов на агроландшафтах и проникновение их разными способами в пищевую цепь живых организмов может стать причиной возникновения различных заболеваний как среди растений и животных, так и людей.

**Методы исследования**

Исследовательские работы, проводимые на территории Ширванской равнины, охватывают период 2012–2015 гг. В зоне исследования было выбрано 38 опорных точек, а также сделано 38 раз-

резов. Образцы почв, горных пород, отложений и воды изучались методом спектрального анализа с помощью рентген-флуоресцентного спектрометра марки «Elvax-СЕР 01».

### Изложение основного материала

Согласно проведенным анализам, в агроландшафтах Ширванской равнины выявлены как избыток, так и нехватка микроэлементов. В результате полученных фактических материалов впервые в зоне исследования с использованием компьютерной программы (GIS) была составлена средне-масштабная «Геохимическая карта агроландшафтов Ширванской равнины (по микроэлементам)» (рис.1).

На основе данной ландшафтно-геохимической карты могут проводиться как качественные, так и количественные оценки экологических ситуаций и геосистем, что позволит решать важнейшие геоэкологические проблемы. Кроме таких фундаментальных задач, как изучение закономерностей миграции и концентрации химических элементов в различных ландшафтно-геохимических условиях, установления роли природных и антропогенных факторов, карта, связанная с ней база данных и весь комплекс картографических материалов, основанных на ландшафтно-геохимических исследованиях, имеют несколько направлений практического применения.

Данные материалы являются своеобразным репером, характеризующим ландшафты региона и уровень концентраций химических элементов в почвах на период опробования, и, таким образом, создают основу для проведения качественного и количественного мониторинга окружающей среды, позволяют произвести оценку устойчивости почв к техногенному воздействию, а также оценить влияние трансформации окружающей среды на здоровье населения [2].

Составленная «Геохимическая карта агроландшафтов Ширванской равнины (по микроэлементам)» показывает, что в распределении микроэлементов в агроландшафтах Ширванской равнины наблюдается существенная разница (таблица 1).

В результате спектрального анализа было установлено, что некоторые микроэлементы, обнаруженные в районе исследования, имеют токсичный характер, что оказывает определенное воздействие на работу физиологических функций живых организмов – растений, животных, особенно на жизнедеятельность людей. Установлено, что кадмий (Cd), мышьяк (As), цинк (Zn), свинец (Pb) первой категории, бор (B), кобальт (Co), медь (Cu), никель (Ni), хром (Cr) второй категории, барий (Ba), ванадий (V), марганец (M), стронций (Sr) третьей категории являются токсичными элементами [9].

Проникновение данных микроэлементов в пищевую цепь, в тоже время нехватка в ряде компо-

нентов ландшафта микроэлементов в почве служат причиной возникновения различных заболеваний. В таблице 1 дана кларковая концентрация микроэлементов агроландшафтов Ширванской равнины.

Из таблицы видно, что токсичные элементы первой категории Cd, As, Zn и кларковая концентрация свинца (Pb) представлены в разных количествах. Из карты видно, что из этих элементов высокая концентрация кадмия наблюдается в верхнем и среднем течении Турьянчая. Максимальная кларковая концентрация микроэлемента кадмия была установлена вблизи селения Карабёрк (на хлопковом поле она составляла 69,2), а вблизи селения Орта Ляки (на рисовом поле) – 61,5.

Наличие кадмия в почве, особенно в воде и растениях при его попадании в пищевую цепь служит причиной нарушения функций легких и печени у людей, а также возникновения почечных заболеваний, рака предстательной железы, разрушения костей, снижения роста. Чтобы сократить количество кадмия в этих зонах, необходимо раз в четыре или пять лет заменять рисовые поля картофельными или люцерновыми. Следует отметить, что добавление в почву птичьего помёта и удобрения, приготовленного из различных примесей компоста, также способствует сокращению количества кадмия [8].

В пределах агроландшафтов в зоне исследования в селениях Мугань, Гарасагаллы, Беюк Кенгерли, в районе Агсу вблизи селения Гёйдяляхли наблюдается высокая кларковая концентрация цинка и свинца на пшеничных и люцерновых полях. Высокое содержание свинца приводит к нарушению нервной, сердечно-сосудистой, иммунной и эндокринной системы, а также нарушению работы почек.

Анализ почвенных разрезов, а также мониторинг и наблюдения показывают, что глубина миграции свинца (Pb) в почве составляет 10 см, а Cd, Cu и Zn – 30 см.

В почвах с тяжелыми металлами движение токсических веществ уменьшается. Подвижность почвы способствует увеличению движения загрязняющих веществ. Максимальное количество мышьяка наблюдается во втором и девятом разрезе ( $KK_{As} = 5,8$ ). В растениях наличие мышьяка на уровне 10-100mg/m<sup>3</sup> способствует его проникновению в пищевую цепь, что приводит к функциональному нарушению работы желудка, легких и раковым заболеваниям кожи.

B, Co, Cu, Ni и Cr являются токсичными элементами второй степени, распространенными в данной зоне. Среди этих элементов максимальное количество бора наблюдается в восьмом разрезе на пшеничном поле вблизи селения Мамадгасымлы Зардабского района. Бор для агроландшафтов исследуемой зоны отличается от других как избыточный микроэлемент.



Таблица 1. Микроэлементный состав почвенных образцов агроландшафтов Ширванской равнины

№	Атомный номер	Элемент	Среднее значение, %		Кларковская концентрация
			Состав почвы	Кларк земной коры	
<i>Разрез-14, Агдашский район, селение Гярибли (поле лакрицы)</i>					
0-20 см					
1	6	B	0,0072	0,0012	6,000
	22	Ti	0,2250	0,4500	0,500
	24	Cr	0,0157	0,0083	1,902
	25	Mn	0,0630	0,100	0,630
	26	Fe	0,2743	4,6500	0,059
	33	As	0,0011	0,00017	6,800
	37	Rb	0,0021	0,015	0,140
	38	Sr	0,0073	0,034	0,215
	39	Y	0,0006	0,0029	0,207
	40	Zr	0,0021	0,017	0,124
	42	Mo	0,0007	0,00011	6,603
	48	Cd	0,0010	0,000013	76,900
	65	Tb	0,0111	0,00043	25,814
20-40 см					
2	22	Ti	0,2259	0,45	0,502
	24	Cr	0,015861	0,0083	1,911
	25	Mn	0,0625	0,1	0,625
	26	Fe	0,27435	4,65	0,059
	33	As	0,000163	0,00017	0,844
	37	Rb	0,00213	0,015	0,142
	38	Sr	0,00731	0,034	0,115
	39	Y	0,0006	0,0029	0,107
	40	Zr	0,000408	0,017	0,024
	48	Cd	0,000001	0,000013	0,933
65	Tb	0,00465	0,00043	10,814	
40-80 см					
3	6	B	0,00002	0,0012	0,020
	25	Mn	0,1936	0,1	1,936
	26	Fe	0,0186	4,65	0,004
	33	As	0,6906	0,00017	0,0057
	37	Rb	0,0127	0,015	0,850
	38	Sr	0,0022	0,034	0,0666
	39	Y	0,0003	0,0029	0,120
	40	Zr	0,0017	0,017	0,102
65	Tb	0,0019	0,00043	4,545	
<i>Разрез-36, Уджарский район, селение Карабёрк (хлопковое поле)</i>					
0-20 см					
1	6	B	0,0080	0,0012	6,700
	22	Ti	0,1503	0,45	0,334
	24	Cr	0,0054	0,0083	0,652
	25	Mn	1,8421	0,1	9,421
	26	Fe	0,2791	4,65	0,060
	37	Rb	0,0018	0,015	0,122
	38	Sr	0,1073	0,034	3,156
	39	Y	0,0006	0,0029	0,241
	40	Zr	0,0027	0,017	0,159
	42	Mo	0,00006	0,00011	0,445
48	Cd	0,0080	0,000013	69,238	
20-60 см					
2	24	Cr	0,0054	0,0083	0,652
	25	Mn	1,8421	0,1	8,421
	26	Fe	0,2836	4,65	0,061
	37	Rb	0,0015	0,015	0,100
	38	Sr	0,0046	0,034	0,138
	39	Y	0,0004	0,0029	0,172
	40	Zr	0,0021	0,017	0,129
	48	Cd	0,0001	0,000013	11,231
42	Mo	0,00005	0,00011	0,445	

Таблица 2. Общее количество и коэффициент биологического поглощения микроэлементов в составе растений агроландшафтов Ширванской равнины

Растения	Атомный номер	Микроэлементы	Кол-во микроэлементов, %		Коэффициент биологического поглощения
			Состав золы	Состав почвы	
<i>Разрез-6, Агдашский район, селение Орта Ляки</i>					
Рис	26	Fe	0,0363	0,0785	0,1
	37	Rb	0,00075	0,00057	1,3
	38	Sr	0,0022	0,0041	2,9
	39	Y	0,0012	0,0029	0,4
	40	Zr	0,0021	0,0019	1,1
	48	Cd	0,000018	0,000013	3,6
Убывающий ряд коэффициента биологического поглощения: $\frac{Cd}{3,6} > \frac{Sr}{2,9} > \frac{Rb}{1,3} > \frac{Fe}{1,1} = \frac{Zr}{0,6} > \frac{Y}{0,4}$					
<i>Разрез-35, Агдашский район, селение Амирарх (соленость)</i>					
Петросимония	6	B	0,0127	0,0098	1,2
	24	Cr	0,0014	0,0227	0,06
	26	Fe	0,0445	0,6213	0,07
	37	Rb	0,0008	0,0026	0,3
	38	Sr	0,0145	0,0136	1,3
	39	Y	0,0005	0,0007	0,7
	40	Zr	0,0027	0,0032	0,8
Убывающий ряд коэффициента биологического поглощения: $\frac{Sr}{1,3} > \frac{B}{1,2} > \frac{Zr}{0,8} > \frac{Y}{0,6} > \frac{Rb}{0,3} > \frac{Fe}{0,07} > \frac{Cr}{0,06}$					
Тамариск	6	B	0,0009	0,0098	0,1
	24	Cr	0,0004	0,0227	0,04
	26	Fe	0,0445	0,6213	0,1
	37	Rb	0,0006	0,0026	0,2
	38	Sr	0,0045	0,0136	0,3
	39	Y	0,0015	0,0007	1,1
	40	Zr	0,0047	0,0032	1,4
Убывающий ряд коэффициента биологического поглощения: $\frac{Zr}{1,4} > \frac{Y}{1,1} > \frac{Sr}{0,3} > \frac{Rb}{0,2} > \frac{B}{0,1} = \frac{Fe}{0,1} > \frac{Cr}{0,04}$					

Распространенные в агроландшафте Ширванской равнины микроэлементы Ba, V, Mn и Sr считаются токсичными микроэлементами третьей степени. Эти микроэлементы характеризуются избыточностью. Избыточность таких микроэлементов как Tb, In, Ag, Ni и Cu может вызвать определенные осложнения [5].

Fe, Y, I, Zr, Rb являются недостающими микроэлементами в исследуемой зоне. В агроландшафте Ширванской равнины кларковая концентрация железа варьирует в пределах 0,04–0,1. Нехватка железа может стать причиной малокровия, общего недомогания, нервозности и ряда других заболеваний. Нехватка брома и йода может стать причиной возникновения таких заболеваний как рак щитовидной железы и эндемический зоб [4].

Состав микроэлементов был определен согласно проведенному спектральному анализу, а также

анализу золы различных типов растений после их переработки в муфельной печи. На базе полученных результатов был сделан расчет коэффициента биологического поглощения для микроэлементов, а также расчет по уменьшенным рядам [1]. Результаты спектрального анализа состава золы и сниженных рядов коэффициента биологического поглощения представлены в таблице 2.

### Выводы

В ходе проведенных исследований было установлено, что на территории агроландшафтов Ширванской равнины распространены такие растения как люцерна, рис, пшеница, ячмень, лакрица, морковь, овощи. В результате анализа общего количества микроэлементов и коэффициента биологического поглощения как в составе культурных, так и в диких растениях обнаружен ряд концентратов

растений. Из второй таблицы видно, что в составе рисовых растений в селении Гобуусту Rb и Zr, в селении Орта Ляки Cd, Sr, Rb и в ряде пастбищ селения Амирарх В и Sg выявлен высокий коэффициент биологического поглощения. Высокий коэффициент биологического поглощения кадмия на рисовом поле также показывает и концентрат данного растения. Все это способствует распространению вышеназванных заболеваний среди людей. Несмотря на избыточное содержание таких микроэлементов как Cd, Pb, В, Тб, V, а также высокую кларковую концентрацию, наблюдается слабое усвоение этих микроэлементов растениями, что связано со специфическими особенностями данных растений. Таким образом, данные растения, также как и другие живые организмы, не воспринимают этих токсикантов.

Поэтому вопросам защиты от загрязнений токсичными микроэлементами и тяжелыми металлами растений, животных, а также людей, вынужденных проживать на данных территориях, должно быть уделено особое внимания.

Следует отметить, что региональный картогра-

фический анализ условий миграции химических элементов на основе «Геохимической карты агроландшафтов Ширванской равнины (по микроэлементам)» позволяет обнаружить аномалии химических элементов в почвах и растениях, выявить загрязнения и определить качество природопользования. Данный анализ также поможет определить перечень приоритетных региональных агентов загрязнения, подлежащих обязательному контролю, что станет основой разработки ландшафтно-дифференцированных (экосистемных) принципов и показателей для экологического нормирования микроэлементов в почвах и оценки степени загрязнения региона. Он поможет произвести оценку устойчивости почв к техногенному воздействию и оценить влияние трансформации окружающей среды на здоровье населения.

С целью оптимизации агроландшафтов крайне важно осуществлять мелиоративные мероприятия для улучшения состояния живых организмов, особенно людей, проживающих на территориях, на которых наблюдается геохимическая аномалия.

#### References [Литература]

1. Alizade E.K., Rustamov G.I., Kerimova E.D. (2015). *Ecogeochemical features of modern landscapes of Absheron peninsula*: Monograph. Baku. [In Russian].  
[Ализаде Э.К., Рустамов Г.И., Керимова Э.Д. Экогеохимические особенности современных ландшафтов Абшеронского полуострова: монография. – Баку, 2015. – С. 60-64.]
2. Alekseienco V.A. (2001). *Ecological geochemistry*. Moscow: Logos. [In Russian].  
[Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2001. – С. 84-86.]
3. Alekseienco V.A., Bofanova A.B., Matasova I.Yu. (1999). Quantitative assessment of the accumulation of chemical elements in soils of technogenic landscapes. *Abstracts of the II International Meeting Geochemistry of the Biosphere*. Novorossiysk, 197-203. [In Russian].  
[Алексеенко В.А., Бофанова А.Б., Матасова И.Ю. Количественная оценка накопления химических элементов в почвах техногенных ландшафтов // Тезисы докладов II междунар. совещ. «Геохимия биосферы», г. Новороссийск, 1999. – С. 197-203.]
4. Budagov V.A., Akhmedov A.Kh., Rustamov G.I. (2009). Ecological and geochemical features of the Azerbaijani agrolandscape and their mapping. *Vesti NAN, series of Earth sciences*, 3, 48-52. [In Russian].  
[Будагов В.А., Ахмедов А.Х., Рустамов Г.И. Эколого-геохимические особенности азербайджанского агроландшафта и их картирование // Вести НАНА. Серия наук о Земле. – 2009. – №3. – С. 48-52.]
5. Budagov V.A., Garibov Ya.A. (2000). The main directions of anthropogenic expansion of the natural landscape. *Constructive Geography of the Republic of Azerbaijan*. Baku: Elm, 115-117. [In Russian].  
[Будагов В.А., Гарибов Я.А. Основные направления антропогенного расширения природного ландшафта // Конструктивная география Азербайджанской Республики. – Баку: «Элм», 2000. – С. 115-117.]
6. Glazovskaya M.A. (2002). *Geochemical foundations of typology and methods of research of natural landscapes*. Smolensk: Oikumena. [In Russian].  
[Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – С. 76-78.]
7. Diachenko V.V., Matasova I.Yu., Diachenko L.G. (2016). *Map of geochemical landscapes in the south of Russia. Krasnodar region*. Moscow. [In Russian].  
[Дьяченко В.В., Матасова И.Ю., Дьяченко Л.Г. Карта геохимических ландшафтов юга России. Краснодарский край. Москва, 2016.]
8. Ismailov M.D. (2003). Ecology of landscapes of the Kura-Araz lowland. *Proceedings of the Azerbaijan Geographic Society*, 65-70. Baku. [In Russian].  
[Исмаилов М.Д. Экология ландшафтов Кура-Аразской низменности // Труды Азербайджанского Географического Общества, Баку, 2003. – С. 65-70.]
9. Mamedov G.Sh., Khalilov M.Ye., Mamedova S.Z. (2010). *Agroecology*. Baku: Elm, 245-248, 236-358 [In Russian].  
[Мамедов Г.Ш., Халилов М.Е., Мамедова С.З. Агроэкология. – Баку: «Элм», 2010. – С. 245-248, 356-358.]
10. Perelman A.I. (1989). *Geochemistry*. Moscow, 37-39. [In Russian].  
[Перельман А.И. Геохимия. – Москва, 1989. – С. 37-39.]