

УДК 631.452:633.13

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВЫХ ТУФОВ ЮЖНОЙ ОСЕТИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Качмазов Д.Г.

*Юго-Осетинский государственный университет им. А.А. Тибилова, Цхинвал,  
e-mail: dzhoni.kachmazov@mail.ru*

В статье продемонстрировано первичное изучение удобрительных свойств местных для Южной Осетии цеолитовых туфов в чистом виде, а также в композиции с органическими удобрениями. Проведен анализ химического состава цеолитов на изучаемой территории, помимо этого, исследованы цеолитовые туфы во всей России и странах ближнего зарубежья. Основным показателем эффективности применения мелиорантов является накопление надземной и подземной фитомассы сельскохозяйственных культур, под которые их применяли. Результаты исследований свидетельствуют о высокой отзывчивости овса при использовании цеолитов, которая зависела от доз вносимых мелиорантов как в чистом виде, так и в сочетании с оторфяненной почвой и птичьим пометом. Внесение в почву цеолитового туфа Присского месторождения в дозах 1, 3, 5 т/га привело к значительной прибавке надземной фитомассы в сравнении с контролем и составило соответственно 1,4, 2,1 и 2,7 т/га. Стоит отметить, что закономерный рост фитомассы наблюдался также при внесении цеолитов из Ванатского и Ередвского месторождений и превысил прибавку к контролю при дозе 5 т/га 156,4% и 155,3% соответственно, однако уступал показателям цеолита из с. Прис. Таким образом, для улучшения исследуемой ситуации и повышения плодородия почв, вследствие чего будет наблюдаться получение стабильно высокого урожая сельскохозяйственных культур, необходимо ориентироваться на процессы использования цеолитовых туфов, добытых на территории Южной Осетии, особенно это касается Присского месторождения в связи с легкостью процесса добычи цеолита и его доступностью.

**Ключевые слова:** цеолитовые туфы, оторфяненная почва, птичий помет, овес, надземная и подземная фитомасса

## USE OF ZEOLITE TUFFS OF SOUTH OSSETIA IN AGRICULTURE

Kachmazov D.G.

*South Ossetian State University named A.A. Tibilova, Tskhinval, e-mail: dzhoni.kachmazov@mail.ru*

The article demonstrates the primary study of fertilizer properties in South Ossetia of local zeolite tuffs in pure form, as well as with organic fertilizers. The analysis of the chemical composition of zeolites in the study area was carried out, in addition, zeolite tuffs were studied in the whole of Russia and the countries of the near abroad. Note that the main indicator of the effectiveness of the application of ameliorants is the accumulation of aboveground and underground phytomass. On the basis of which, it can be concluded that the results of the studies attest to the high responsiveness of oats with the use of zeolites, which depended on the doses of introduced ameliorants and its combination with the soiled soil and bird droppings. The introduction of zeolite tuff from the Prissa deposit in doses of 1, 3, 5 t/ha led to a significant increase in the aboveground phytomass in comparison with the control, and amounted to 1.4 t/ha, 2.1 t/ha and 2.7 t/ha, respectively. It should be noted that the natural growth of phytomass was also observed when zeolite was introduced from Vanat and Eredvskoye fields and exceeded the increment to the control at a dose of 5 t/ha of 156.4% and 155.3%, respectively, but inferior to the zeolite index from Priss. Thus, to improve the situation under investigation and increase soil fertility, as a result of which a stable crop yield will be observed, it is necessary to focus on the processes of using zeolite tuffs extracted from the territory of South Ossetia, especially in the Prissa deposit due to the ease of extraction and accessibility.

**Keywords:** zeolite tuffs, loosened soil, bird droppings, oats, aboveground and underground phytomass

На территории Южной Осетии, в условиях высокого дефицита минеральных и органических удобрений, актуален вопрос поиска наиболее экономичных и экологически приемлемых способов обеспечения воспроизводства органического вещества и элементов питания в почвах, повышения их плодородия и получения стабильных урожаев растениеводческой продукции. Для успешного развития отрасли растениеводства, экологически ориентированной организации сельскохозяйственного производства значительный научный и практический интерес представляет изучение цеолитовых туфов, крупные месторождения которых имеются в Южной Осетии.

Цеолитовые туфы обладают генетическим сродством с почвами района, а также высокими удобрительными и мелиорирующими свойствами.

Впервые три наибольших югоосетинских месторождения ископаемых цеолитовых туфов были обнаружены и описаны Б.В. Залесским и К.П. Флоренским в 1930 г. Ванатское месторождение располагается поблизости от реки Малая Лиакхва в районе г. Цхинвал. Присское и Ередвское – на восточной окраине г. Цхинвал, поблизости от сел Прис и Ередв. По данным К.П. Флоренского, запасы Ванатского туфа оцениваются в 2 млн м<sup>3</sup>, Присского в 1,5 млн м<sup>3</sup> и Ередвского – в 1 млн м<sup>3</sup>. Находки минералов,

в том числе и цеолитовых туфов Южной Осетии, изучались в основном в ходе геологических и литологических исследований, а их практическому использованию в сельскохозяйственном производстве практически не уделяли внимания [1].

Химический состав цеолитового сырья является показателем его удобрительной ценности и экологической безопасности. Так, соотношение катионов кремния и алюминия, а также катионный состав определяют ионообменные свойства цеолитов, термо- и кислотоустойчивость и многие другие особенности. Наличие в породах, содержащих цеолит, макро- и микроэлементов, таких как железо, фосфор, магний, медь, цинк, марганец и другие, обуславливает ценность цеолитового сырья для применения в сельском хозяйстве [2].

Накоплено достаточно данных о механизме действия цеолитов в качестве природных химических мелиорантов. Из-за наличия кристаллической структуры, которая обеспечивает полости и каналы в породе, цеолиты улучшают структуру почвы, повышают водо- и воздухопроницаемость, накапливают элементы питания растений, такие как N и K. Имея в своем составе обменные катионы, сорбируют  $\text{NH}_4^+$ , цеолиты способны медленно отдавать их в период вегетации растений, осуществляя роль химического пролонгатора. За счет ионного обмена цеолиты понижают кислотность почвы, повышают ее водоудерживающую способность. При использовании в агротехнологиях цеолитов оптимизируется пищевой, водный и биохимический режим почв, что способствует увеличению урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Цеолиты не разрушаются под воздействием факторов эрозии и надежно удерживаются в почве, они не подвержены дальнейшим изменениям. Таким образом, формирующиеся под воздействием цеолитов положительные физические и химические свойства почвы способствуют усилению биологической активности почвы и увеличению численности полезных почвенных микроорганизмов [3; 4].

Большинство исследователей отмечают, что биогенность и агрономическая ценность цеолитового сырья значительно возрастает при его смешивании с органическими компонентами. В качестве органических компонентов применяют торф, опилки, лигнин, сапрпель, канугу и другие. Цеолитовые смеси готовят заранее, сроки и дозы их внесения для различных

культур являются предметом изучения авторов [5–7].

Вопросы экологически безопасного использования цеолитовых туфов как в чистом виде, так и в смеси с органическими удобрениями в условиях Южной Осетии до настоящего времени не изучались. Целью исследования явилось изучение эффективности использования органических удобрительных смесей на основе цеолитовых туфов, оторфяненной почвы рододендровых зарослей и птичьего помета при возделывании овса.

#### Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводились в 2013–2015 гг. на опытном участке Югоосетинского государственного университета им. А.А. Тибилова в с. Хеит Цхинвальского района. Зона проведения опытов характеризуется умеренно континентальным, относительно мягким климатом. Среднегодовая температура воздуха  $9,5\text{--}10,5^\circ\text{C}$ , количество осадков за период апрель – октябрь составляет 400–450 мм. Почвы аллювиальные черноземовидные, значительной мощности от 100 до 110 см. Содержание гумуса высокое, достигает 5,0%; легкогидролизуемого азота – высокое (88,9–92,8 мг/100 г почвы);  $\text{P}_2\text{O}_5$  – высокое (15–20 мг/100 г почвы),  $\text{K}_2\text{O}$  – среднее (30 мг/100 г почвы). Реакция среды (рН) почвенного раствора нейтральная (в пределах 7,0).

В субальпийском и альпийском поясах под рододендровыми зарослями сформировались своеобразные оторфяненные почвы, которые широко распространены в северо-западной части Южной Осетии и занимают довольно значительные площади. Они содержат много гумуса и макроэлементов.

В качестве опытной культуры нами был взят овес, поскольку его посевы занимают значительные площади в Южной Осетии, он является третьей по значимости культурой после яровой пшеницы и ячменя. Схема полевого опыта включала 11 вариантов, в том числе контрольный вариант без удобрений, три варианта применения Присского цеолитового туфа, по одному варианту применения Ванатского и Ередвского цеолитовых туфов, три варианта сочетаний Присского цеолитового туфа, оторфяненной почвы и птичьего помета, а также два варианта с отдельным применением птичьего помета и оторфяненной почвы. Площадь учетной делянки 20 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная, размещение делянок рандомизированное.

Таблица 1

Сравнительная характеристика цеолитовых туфов Южной Осетии, других месторождений России и ближнего зарубежья

Месторождение	Химический состав, %										
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ванатское (Южная Осетия)	65,2	0,17	15,9	3,90	1,90	1,68	5,90	1,46	1,42	1,09	0,32
Присское (Южная Осетия)	66,4	0,19	14,7	3,75	1,85	1,75	6,10	1,12	2,12	1,08	0,47
Ередвское (Южная Осетия)	64,2	0,18	16,0	3,95	0,89	1,49	7,25	2,42	1,02	1,23	0,43
Шивыртуйское* (Россия)	68,5	0,23	13,9	–	1,95	0,14	3,29	0,15	1,28	2,7	–
Сибайское* (Россия)	60,0	0,5	17,5	10,5	–	3,0	6,5	0,07	0,07	0,05	0,15
Тузбекское* (Россия)	65,0	0,6	15,0	2,6	–	2,0	4,5	0,07	2,5	0,5	0,45
Сокирницкое* (Украина)	68,0	0,11	11,4	1,44	–	0,53	2,71	0,06	1,57	3,0	–
Тадзамское* (Грузия)	64,3	0,42	14,5	3,77	0,29	1,40	3,27	1,58	0,56	0,82	0,08
Артикское* (Армения)	64,8	0,93	17,4	2,76	0,46	1,23	3,60	0,25	4,72	4,34	0,12

Примечание. \* – по данным [2].

В исследованиях использовались полевые и лабораторные методы. Надземную и подземную фитомассу овса определяли в фазу полного созревания путем высушивания в тени до постоянного веса. Корни предварительно выкапывали и отмывали. Органическое вещество оторфяненных почв определяли гравиметрическим методом после термического озоления. Минеральный состав органических компонентов определяли электронно-микроскопическим и волюметрическим методами. Химический состав – с помощью силикатомного и атомно-сорбционного методов. Обработка результатов полевых исследований проводилась по Б.А. Доспехову [8].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Цеолиты разных месторождений обладают достаточно обширным спектром агрохимических показателей и различны по химическому составу и нахождению в минералах. В качестве предварительной оценки качества цеолитовых туфов Южной Осетии было проведено сравнение их химического состава с цеолитовыми туфами ряда других месторождений: Шивыртуйского (Россия), Сибайского (Россия), Тузбекского (Россия), Сокирницкого (Украина), Тадзамского (Грузия), Артикского (Армения) (табл. 1).

Исходя из сравнительного анализа, природные цеолитовые туфы Южной Осетии по своим характеристикам перспективны для использования в производстве высококачественной сельскохозяйственной продукции. В целом цеолитовые туфы Южной Осетии обладают сбалансированным минеральным составом. Среди цеолитов из других месторождений они выделяются по содержанию доступных для растений форм фосфора, железа, кальция и магния. По содержанию доступного калия уступают лишь цеолитам Сокирницкого и Артикского месторождений.

Изучение оторфяненной почвы показало высокое содержание в ней органического вещества (около 65%), 1,31% общего азота, 0,22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,06% K<sub>2</sub>O и 0,11% CaO. Птичий помет содержал 21% сухого вещества, 1,7% азота, 1,95% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,9% K<sub>2</sub>O, 0,32% CaO, 0,12% MgO, 0,9% S. Сырой помет для всех вариантов опыта смешивали с оторфяненной почвой в соотношении 5:1, смесь подсушивали и хранили под навесом.

В климатических условиях Южной Осетии эффективность применения удобрений в большой мере связана с обеспеченностью полевых культур доступной влагой. Осуществление мер, направленных на накопление, сбережение и рациональное использование влаги, является одним из главных факторов, определяющих уровень продук-

тивности полевых культур. В связи с этим природные цеолиты, которые являются хорошим адсорбентом влаги, очень перспективны для применения на полях. Таким образом, под влиянием цеолитов нормализуется водный, пищевой и микробиологический режим почвы, что помогает увеличить хозяйственно ценную часть урожая полевых культур. Эти данные полностью подтверждаются в работе [9].

Важнейшей характеристикой продуктивности посевов является величина созданной растениями биологической массы. В результате наших исследований надземной и подземной биомассы овса обнаружено, что объем ее накопления зависит от дозировки мелиоранта, а также его сочетания с органическими удобрениями. Выявленные результаты показали высокую отзывчивость овса на цеолитовые туфы и их совместное внесение с органическими удобрениями (табл. 2).

Так, надземная фитомасса овса на контрольном варианте в среднем составила 4,363 т/га. Внесение в почву цеолитового туфа Присского месторождения в дозах 1, 3, 5 т/га привело к значительной прибавке к контролю и составило соответственно 1,419, 2,071 и 2,729 т/га. Закономерный рост фитомассы наблюдался также при внесении туфа из Ванатского и Ередвского месторождений и превышал прибавку к контролю при дозе 5 т/га 156,4% и 155,3% соответственно. На вариантах с совместным внесением цеолитового туфа и органических удобрений также наблюдается существенное увеличе-

ние надземной биомассы. При смешивании Присского туфа с оторфяненной почвой надземная фитомасса овса увеличивалась в среднем до 7,245 т/га, а с птичьим пометом до 7,385 т/га. Максимальная прибавка к контролю наблюдалась на варианте совместного использования Присского туфа, оторфяненной почвы и птичьего помета в соотношении 1:1:0,5 и составила 3,554 т/га.

Накопление корневой фитомассы и пожнивных остатков является основным показателем эффективности применения фитомелиорантов. Известно, что остающаяся в пахотном слое подземная фитомасса и пожнивные остатки оказывают положительное влияние на физические, химические и биологические свойства почвы: возрастает содержание гумуса, улучшается структурное состояние, а также микробиологический режим почвы. В результате минерализации органического вещества пополняются запасы элементов минерального питания, в том числе азота, что создает благоприятные условия для последующих культур [10]. Изучение корневой массы овса показало, что прослеживается достоверное ее увеличение в вариантах как с внесением цеолита в чистом виде, так и в смеси с органическими удобрениями. Так, по сравнению контролем, при котором подземная фитомасса составила в среднем за три года 1,427 т/га, при внесении в почву цеолитового туфа Присского месторождения в дозах от 1, 3, и 5 т/га наблюдался закономерный рост количества подземной массы на 139, 163,3 и 196,3% соответственно.

Таблица 2

Влияние цеолитовых туфов различного месторождения и органических удобрений на создание надземной и подземной фитомассы овса, т/га (2013–2015 гг.)

Варианты	Надземная фитомасса			Подземная фитомасса		
	Среднее	Прибавка к контролю		Среднее	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%
Контроль	4,363	–	–	1,427	–	–
Цеолитовый туф Присский, 1 т/га	5,782	1,419	132,5	1,985	0,558	139,1
Цеолитовый туф Присский, 3 т/га	6,434	2,071	147,4	2,331	0,904	163,3
Цеолитовый туф Присский, 5 т/га	7,092	2,729	162,5	2,802	1,375	196,3
Цеолитовый туф Ванатский, 5 т/га	6,825	2,462	156,4	2,673	1,246	187,3
Цеолитовый туф Ередвский, 5 т/га	6,776	2,413	155,3	2,475	1,048	173,4
Цеол. туф (П), 5 т/га + оторф. почва, 5 т/га	7,245	2,882	166,1	2,901	1,474	203,2
Цеол. туф (П), 5 т/га + птичий помет, 3 т/га	7,385	3,022	169,2	2,977	1,55	208,6
Цеол. туф (П), 5 т/га + оторфяненная почва, 5 т/га + птичий помет, 2,5 т/га	7,917	3,554	181,4	3,166	1,739	221,9
Птичий помет, 2,5 т/га	6,112	1,749	140,0	2,195	0,768	153,8
Оторфяненная почва, 5 т/га	5,962	1,599	136,6	2,127	0,7	149,0
НСР <sub>05</sub>	0,10			0,13		

### Заключение

Результаты исследования свидетельствуют об огромных возможностях применения сорбционных и мелиоративных свойств природных цеолитов как в сельскохозяйственном производстве, так и для решения проблем охраны окружающей среды. При этом нужно грамотно регламентировать существующие условия использования цеолитов, а также учитывать их свойства, которые в большинстве своем определяются условиями формирования цеолитов, а значит – месторождением.

В целях увеличения биологической массы и урожайности сельскохозяйственных культур следует использовать следующие органические удобрения на основе югоосетинских цеолитовых туфов:

1. Присский цеолитовый туф в дозе 5 т/га.
2. Ванатский цеолитовый туф в дозе 5 т/га.
3. Ередвский цеолитовый туф в дозе 5 т/га.

А также смеси на основе Присского цеолитового туфа, включающие следующие компоненты:

1. Присский цеолитовый туф в дозе 5 т/га + оторфяненная почва 5 т/га.
2. Присский цеолитовый туф в дозе 5 т/га + птичий помет 3 т/га.
3. Присский цеолитовый туф в дозе 5 т/га + оторфяненная почва 5 т/га + птичий помет 2,5 т/га.

Адаптация предложенных схем применения органических удобрений на основе югоосетинских цеолитовых туфов для других сельскохозяйственных культур создаст большой потенциал их использования в сельском хозяйстве России. Легкость добычи туфов из югоосетинских месторождений внесет существенный вклад в экономику региона.

### Список литературы / References

1. Залесский Б.В., Флоренский К.П., Белянкина Е.Д. Спектроскопическое исследование изверженных горных пород Кавказа и Закавказья // Труды ИГН. 1950. Вып. 21. 106 с. Zalesky B.V., Florensky K.P., Belyankina E.D. Spectroscopic research izverzhennykh of rocks of the Caucasus and Transcaucasia // Trudy IG. 1950. Vy'p. 21. 106 p. (in Russian).
2. Свойства природных цеолитов [Электронный ресурс]. URL: <http://zeomix.ru.html> (дата обращения: 18.03.19).

Properties of natural zeolites [Electronic resource]. URL: <http://zeomix.ru.html> (date of access: 18.03.19).

3. Природные цеолиты России. Т. 1. Геология, физико-химические свойства и применение в промышленности и охране окружающей среды / науч. ред. И.А. Белицкий, Б.А. Фурсенко. Новосибирск: ОИГГМ, 1992. 171 с.

Natural zeolites of Russia. T. 1. Geology, physical and chemical properties and application in the industry and environmental protection / edition I.A. Belitsky, B.A. Fursenko. Novosibirsk: OIGGM, 1992. 171 p. (in Russian).

4. Смородинова Т.Н., Котованова М.К. Региональные цеолитовые туфы как эффективные добавки к цементам // Вестник Югорского государственного университета. 2016. № 3 (42). С. 20–25.

Smorodina T.N., Kotovanova M.K. Regional zeolitic tufts as effective additions to cements // Yugra State University Bulletin. 2016. № 3 (42). P. 20–25 (in Russian).

5. Мистратова Н.А. Экологическая оценка применения агроулучшителей при зеленом черенковании ягодных культур // Вестник Алтайского ГАУ. 2012. № 5 (91). С. 39–42.

Mistratova N.A. Ecological assessment of application of agroameliorants at a green cherenkovaniye of berry cultures // Vestnik Altajskogo GAU. 2012. № 5 (91). P. 39–42 (in Russian).

6. Корецкий Д.С., Игнатова А.Ю. Изучение влияния цеолита Пегасского месторождения на рост растений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 92–95.

Koretsky D.S., Ignatova A.Yu. Studying of influence of zeolite of the Pegassky field on growth of plants // Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2010. № 1. P. 92–95 (in Russian).

7. Ряховская Н.И., Гайнагулина В.В. Применение природных цеолитов в короткороционных севооборотах // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 8. С. 17–19.

Ryahovskaya N.I., Gajnatulina V.V. Usage of natural zeolites in the short-rotary crop rotation // Achievements of Science and Technology of AICis. 2009. № 8. P. 17–19 (in Russian).

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Dospikhov B.A. A technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). 5-e izd., pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian).

9. Гайнутдинов М.Т., Чекмарев П.А., Владимиров В.П. Продуктивность раннеспелого картофеля сорта Удача при внесении различных доз цеолита на фоне минеральных удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 11. С. 40–43.

Gaynutdinov M.T., Chekmarev P.A., Vladimirov V.P. Productivity of early ripening potato variety udacha with application of different doses of zeolite against the background of mineral fertilizers // Achievements of Science and Technology of AICis. 2014. № 11. P. 40–43 (in Russian).

10. Кульжанова С.М., Божбаева Ж.Т., Мухаметкаримов К.М. Использование нетрадиционных удобрений для повышения почвенного плодородия и урожайности подсолнечника в условиях Северо-Востока Казахстана // Интерактивная наука. 2018. № 1 (23). С. 59–63. DOI 10.21661/i-466454.

Kulzhanova S.M., Botbaeva Zh.T., Muhammadkarimov K.M. The Use of Alternative Fertilizers to Increase Soil Fertility and Yield of Sunflower in North-Eastern Kazakhstan // Interaktivnaya nauka. 2018. № 1 (23). P. 59–63 (in Russian).