

УДК: 504.53

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ *AVENA SATIVA* L. НА ПОЧВАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕОЛИТНЫХ ТУФОВ

Качмазов Джони Гаврилович<sup>1</sup>, Новицкий Максим Леонидович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Юго-Осетинский государственный университет им. А.А. Тибилова  
Республика Южная Осетия, г. Цхинвал, улица Владимира Путина, 8

<sup>2</sup>Никитский ботанический сад – Национальный научный центр  
298648, Республика Крым, м.о. город-курорт Ялта,  
тер. Никитский ботанический сад, зд. 1, стр. 1

E-mail:kachmazov.dzhoni@mail.ru, maxim.novickiy@bk.ru

В статье представлены результаты многолетнего (2013-2019 гг.) агроэкологического исследования особенностей развития *Avena sativa* L. (овес посевной) сорта 'Астор' на аллювиальных почвах реки Большая Лиахва с использованием цеолитовых туфов Ванатского, Приского и Ередвского месторождений Республики Южная Осетия. Исследования включали лабораторные опыты (сосуды Вагнера) и полевые испытания. Установлено, что добавление цеолитов повышает полевую всхожесть семян овса посевного в лабораторных опытах на 3,1-6,1%. Наибольшая прибавка урожая овса (+7,3%) достигнута при внесении цеолитов Приского месторождения. Продуктивность надземной фитомассы растений овса посевного увеличивается в 2 раза при их выращивании на почвах с добавлением комплексной органоминеральной смеси на основе цеолитов, оторфяненной почвы и птичьего помёта. В целом использование цеолитов, особенно в комплексе с органикой, показывает высокую агроэкологическую и экономическую эффективность, что обосновывает их использование для мелиорации почв и повышения урожайности в условиях Южной Осетии.

**Ключевые слова:** *Avena sativa* L.; цеолитовые туфы; Южная Осетия; аллювиальные почвы; продуктивность фитомассы; органоминеральные удобрения

### Введение

Повышение эффективности и экологической безопасности земледелия является одной из актуальных задач современного сельского хозяйства. В этом контексте возрастает интерес к природным мелиорантам, способным не только улучшать плодородие почв, но и регулировать их физико-химические свойства, а также снижать техногенную нагрузку. Среди таких средств выделяются цеолиты – алюмосиликатные минералы, обладающие уникальными ионообменными, сорбционными и молекулярно-ситовыми свойствами. Интерес к применению цеолитсодержащих пород в агрономии значительно возрос в конце XX века. Многочисленные исследования свидетельствуют об многостороннем положительном влиянии цеолитов на повышение влагоемкости и буферности почвы, снижение кислотности, увеличение содержания доступных форм фосфора и калия [1, 3]. Например, в серых лесных почвах добавление цеолитов вызывает снижение рН на 0,6-0,8 единицы уже в первый год применения [1]. Эффективность применения цеолитов доказана на различных типах почв – от дерново-подзолистых до черноземов, причем их последствие может сохраняться до четырех лет и более [2, 7].

Несмотря на обширную изученность цеолитов в целом, потенциал конкретных месторождений, особенно в регионах с уникальными почвенно-климатическими условиями, к которым относится и туфы Южной Осетии, требует отдельной оценки. Целью настоящего исследования является изучение особенностей развития и продуктивности одной из основных сельскохозяйственных культур - овса посевного (*Avena sativa* L.) на аллювиальных почвах с добавлением цеолитовых туфов месторождений предгорной зоны Южной Осетии и органических удобрений.

### Материалы и методы

В исследования были включены цеолитные туфы следующих местонахождений Южной Осетии: Ванатского, (находится в бассейне реки Малая Лиахва в административном округе г. Цхинвала), Присского и Эредвского (находятся на восточной окраине г. Цхинвал, Цхинвальского административного округа, территориально расположены вблизи населенных пунктов Прис и Ередв). В таблице 1 приведен химический состав цеолитовых туфов этих месторождений.

Таблица 1  
Химический состав цеолитовых пород месторождений (в пересчете на оксиды)

Оксиды	Химический состав месторождений цеолитовых туфов, %		
	Ванатское	Присское	Ередвское
SiO <sub>2</sub>	65,2	66,4	64,2
TiO <sub>2</sub>	0,17	0,19	0,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,9	14,71	16,0
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,91	3,76	3,97
FeO	1,91	1,86	0,88
MnO	1,68	1,75	1,49
CaO	5,91	6,10	7,25
MgO	1,46	1,12	2,42
Na <sub>2</sub> O	1,42	2,12	1,02
K <sub>2</sub> O	1,09	1,08	1,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,32	0,47	0,43

Эффективность применения туфов определяли по особенностям развития (урожайность, качественные показатели семян, продуктивность надземной и подземной массы) растений овса посевного сорта 'Скакун'. Исследования проводили в 2013-2016 гг. в долине реки Большая Лиахва (с. Хеит, Цхинвальский район). Были заложены следующие опытные варианты: контроль (К) аллювиальная почва долины реки с исходными показателями: содержание гумуса – 5,0%, гидролизуемого азота – 88,9-92,8 мг/100 г, подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 15-20 мг/100 г, pH – 7,0-7), вариант 1 - цеолитовый туф Ванатского месторождения (ЦТ В5) (внесение 5 т/га, вариант 2 - цеолитовый туф Присского месторождения (ЦТ П5) (5 т/га), вариант 3 - цеолитовый туф Эредвского месторождения (ЦТ Е5) (5 т/га), вариант 4 - комбинация туфа Ванатского месторождения (5 т/га) с добавлением оторфяненной почвы (ОП5 – 5 т/га) и птичьего помёта (ПП5 – 5 т/га); вариант 5 - комбинации туфа Присского месторождения (5 т/га) с добавлением оторфяненной почвы (ОП5 – 5 т/га) и птичьего помёта (ПП5 – 5 т/га), вариант 6 - комбинация туфа Эредвского местонахождения (5 т/га) с добавлением оторфяненной почвы (ОП5 – 5 т/га) и птичьего помёта (ПП5 – 5 т/га). Для сравнения также был заложен опыт с применением биопрепарата «Байкал» 40 мл/10 л воды (вариант 7). Расположение вариантов по делянкам опытов систематическое, Повторность полевых опытов четырехкратная, размер учетных делянок 12,5x4 м. Каждый год проверяли всхожесть семян в лабораторных опытах, заложенных на базе Горского ГАУ (проводили в сосудах Вагнера на 10 кг почвы, в 4-кратном повторе). Цеолиты, птичий помёт и оторфяненная почва в нужной пропорции вносились в почву однократно при набивке сосудов в 2013 г.

Цеолитовые туфы перед внесением измельчали до фракции < 1 мм. Птичий помёт смешивался с торфом в соотношении 4:1 для сохранения азота. Оторфяненная почва была отобрана под родендронами в природных фитоценозах Южной Осетии.

Семена овса посевного высевали узкорядным способом, норма высева - 4,0-5,0 млн. шт/га, глубина 5-6 см. Продуктивность надземной и подземной массы определи

путем взвешивания с последующим анализом структуры урожая. Математическая обработка данных выполнена дисперсионным методом.

Климат Южной Осетии формируется под влиянием воздействия различных климатообразующих факторов, но прежде всего под влиянием высокогорного рельефа. Его охарактеризовать как умеренный, который существенно меняется в зависимости от высоты местности над уровнем моря. Средняя температура самого холодного месяца (января) составляет от  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $-7^{\circ}\text{C}$ . Летом, в самый тёплый месяц (август), воздух прогревается в среднем от  $+13^{\circ}\text{C}$  до  $+24^{\circ}\text{C}$ . В предгорной южной части теплее (около  $+20^{\circ}\text{C}$  ...  $+24^{\circ}\text{C}$ ), а в горах на высоте более 2000 метров значительно холоднее (около  $+13^{\circ}\text{C}$  ...  $+14^{\circ}\text{C}$ ). Годовое количество осадков варьируется от 500-600 мм в более равнинной южной части до 1000 мм и более в горах.

### Результаты и обсуждение

Многолетний лабораторный опыт по всхожести семян на различных почвосмесях показал, что повышение всхожести семян отмечено во всех вариантах по сравнению с контролем. В первый год наблюдений самая высокая всхожесть семян отмечена в следующих вариантах: «Байкал» – 87,1%, Присский цеолит – 86,2%, при добавлении мелиоранта 5 т/га и Эредвский туф – 84,2% при тех же количествах вносимых удобрений. Порог всхожести до 80% превысили ЦТ (Е5)+ОП5+ПП5, ЦТ (П5)+ПП5 и ЦТ (В5). Контрольный вариант всхожести семян составил 74,83%. Если данные показатели рассматривать к средней величине за 3 года постановки опытов, то с наилучшей стороны проявили себя добавка биопрепарата Байкал (6,09% по отношению к контролю), Прийского (ЦТ (П5) и Евдерского (ЦТ (Е5) цеолитового туфов (5,9% и 5,0% соответственно) и комплексная добавка, состоящая из Эредвского туфа, торфяной почвы, и птичьего помёта (5,9%). Наиболее стабильный и высокий результат по всхожести семян выявлен в варианте 1 с Эредвским цеолитным туфом.

Таблица 2

Всхожесть семян овса в лабораторных опытах в сосудах Вагнера (среднее за 2013-2014 гг.) при выращивании на различных вариантах почвенной смеси

№ п/п	Варианты опыта*	Полевая всхожесть, %			В среднем за 3 года	
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	%	% к контролю
	К	74,8	83,0	80,9	79,6±8,7	100
1	ЦТ (В5)	81,7	87,3	83,5	84,2±9,2	4,6
2	ЦТ (П5)	86,2	85,4	84,8	85,5±9,4	5,9
3	ЦТ (Е5)	84,2	84,8	84,9	84,6±7,6	5,0
4	ЦТ (В5)+ОП5+ПП5	79,7	85,0	83,1	82,6±9,1	3,1
5	ЦТ (П5)+ОП5+ПП5	77,9	85,8	85,9	83,2±9,1	3,6
6	ЦТ (Е5)+ОП5+ПП5	84,1	86,1	86,2	85,4±8,5	5,9
7	«Байкал»	87,1	84,9	85,0	85,6±7,7	6,1

Примечание: \* Здесь и далее в таблицах сокращения обозначены:

К – контроль; ЦТ – цеолитовый туф; В5 – туф Ванатского месторождения, внесение 5 т/га;

П5 – туф Прийского месторождения, внесение 5 т/га; Е5 – туф Эредвского местонахождения, внесение 5 т/га; ПП – птичий помёт, внесение 5 т/га; ОП – оторфяненная почва, внесение 5 т/га.

В среднем за три года в лабораторных условиях процент всхожести семян по отношению к контролю колеблется от 3,6% (для комплекса В5+ОП5+ПП5) до 6,1% (для биопрепарата «Байкал»).

Туфы всех трех месторождений (Ванатское, Присское, Эредвское) показали высокую и стабильную эффективность. Присский цеолит (ЦТ П5) имеет небольшое, но

устойчивое преимущество, что может быть связано с его специфическим химико-минералогическим составом.

Низкий результат в первый год применения и высокий в последующие указывает на необходимость более раннего (заблаговременного) внесения таких смесей под культуру, чтобы прошли начальные процессы трансформации в почве.

Биопрепарат «Байкал» продемонстрировал максимальную среднюю эффективность, подтверждая высокую роль биологических факторов (микробиологическая активность, стимуляция роста) в повышении полевой всхожести.

**Таблица 3**

**Полевая всхожесть семян *Avena sativa* L. при выращивании на различных вариантах почвенной смеси**

№ п/п	Варианты опыта*	Полевая всхожесть, %			В среднем за 3 года	
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	%	% к контролю
1	Контроль	16,50	15,90	16,70	16,4±1,8	0,00
2	ЦТ (B5)	19,40	18,90	18,80	19,0±1,7	4,60
3	ЦТ (П5)	22,50	23,70	24,80	23,7±2,1	5,90
4	ЦТ (E5)	24,00	24,20	20,80	23,0±2,5	5,04
5	ЦТ (B5)+ОП5+ПП5	21,80	23,70	24,50	23,3±2,0	6,96
6	ЦТ (П5)+ОП5+ПП5	20,00	19,30	16,80	18,7±1,4	2,33
7	ЦТ (E5)+ОП5+ПП5	22,00	22,20	20,50	21,6±1,9	5,20
8	«Байкал»	22,30	23,20	21,30	22,3±2,1	5,90

В таблице 3 приведены данные полевых опытов по влиянию свойств цеолитовых туфов, оторфяненной почвы и птичьего помета на всхожесть семян овса.

Самую высокую среднюю прибавку показал Вариант ЦТ (B5) + ОП5 + ПП5 – 6,96% к контролю (средняя всхожесть 23,33%). Вариант ЦТ (П5) показал очень стабильный результат и максимальное среднее значение за три года (23,67%). Прибавка составила – 5,90% (средний показатель 23,67%). Препарат «Байкал» сработал так же эффективно, как и некоторые виды цеолита, прибавка составила 5,90% (средний показатель 22,27%). На варианте ЦТ (E5) в 2014 г. полевая всхожесть составила 24,20%, а в 2015 г. – всего 20,80%, прибавка – 5,04%.

Считаем, что цеолит обеспечивает защиту семян овса и проростков от засухи и нормирует поступление воды в клетки растений [3]. Результаты свидетельствуют, что сочетание цеолитов с органическими удобрениями оказалось наиболее эффективным для повышения полевой всхожести семян овса.

Полученные результаты можно объяснить, с одной стороны, стимулирующим действием органических веществ торфа и навоза на всхожесть и прорастание семян, с другой стороны, влиянием сорбционных свойств цеолитов на снижение высокой концентрации веществ в почвенном растворе. При этом установлено, что использование цеолитов в сочетании с органическими удобрениями не уступают по эффективности действия биологически активному препарату, а в экстремальных условиях засухи даже превосходят действие этого препарата.

Показатели качественных характеристик генеративных побегов и семян под влиянием добавок цеолитовых туфов в сочетании с различными органическими добавками являются также важным фактором. В таблице 4 представлены результаты исследований по изучению качественных характеристик овса посевного.

Анализируя данные таблицы 4, следует отметить, что наибольший показатель длины колоса был установлен в варианте совместного внесения цеолита и торфа и

составил 9,83 см, что превышало контрольный вариант на 1,47 см. Прибавка массы зерна колоса составила 22,9% по сравнению с контролем, при среднем числе зерен в колосе 28,15 шт. Совместное влияние цеолита и навоза не уступало по эффективности действия на структуру урожая варианту с совместным внесением цеолита и торфа. Так, масса зерна колоса составила 1,02 г при меньшем числе зерен в колосе - 27,05 шт., длина колоса в указанном варианте была выше контрольного на 1,47 см.

Применение биопрепарата «Байкал» по эффективности действия не уступает исследуемым удобрительным формам. В данном варианте масса зерна колоса составила 0,94 г и превысила контроль на 13,3%. Наблюдается увеличение длины колоса на 1,07 см и числа зерен в колосе на 14,3%.

Таблица 4

**Влияние цеолитовых туфов и органических удобрений на морфологические показатели растений и массу семян *Avena sativa* L. (среднее за 2017-2019 гг.)**

№ п/п	Варианты опыта	Длина метелки, см		Число зерен в метелке, шт.		Масса зерна в одном колосе, г	
			% к контролю		% к контролю		% к контролю
1	К	8,33	100	23,85	100	0,83	100
2	ЦТ (В5)	9,2	0,87	26,45	2,6	0,92	0,01
3	ЦТ (П5)	9,13	0,8	27,05	3,2	1,02	-0,03
4	ЦТ (Е5)	8,7	0,37	25,7	1,85	0,89	-0,01
5	ЦТ (В5)+ОП5+ПП5	9,11	0,78	27,21	3,36	1,0	0,07
6	ЦТ (П5)+ОП5+ПП5	9,7	1,37	25,98	2,13	0,99	0,03
7	ЦТ (Е5)+ОП5+ПП5	9,29	0,96	26,95	3,1	0,95	0,02
8	«Байкал»	9,69	1,36	27,88	4,03	0,94	0,01

Показатель накопления фитомассы у растений, является важным фактором в изучении влияния различных смесей. Нами, помимо показателей всхожести семян и урожайности был изучен фактор накопления подземной и надземной растительной массы опытной культуры овса посевного.

В таблице 5 приведены данные изучения влияния цеолитовых туфов в комплексе с биологическими удобрениями на изменение надземной и подземной фитомассы. Оценку изменения фитомассы проводили биометрическим методом по отношению к контролю и использованию препарата «Байкал». Полученные результаты свидетельствуют о высокой положительной реакции овса на добавки цеолитовых туфов совместно с биологическими удобрениями.

Так, в контрольном варианте надземная фитомасса овса составила 531,2 г/м<sup>2</sup>. Внесение цеолитовых туфов привело к значительному росту надземной фитомассы, что составило соответственно 681,4 г/м<sup>2</sup>, 688,7 г/м<sup>2</sup>, и 736,0 г/м<sup>2</sup>.

Существенное увеличение надземной фитомассы растений отмечено в вариантах ЦТ (В5)+ОП5+ПП5, ЦТ (П5)+ОП5+ПП5 и ЦТ (Е5)+ОП5+ПП5 с добавкой цеолитового туфа Эвдерского, Присского и Ванатского месторождений в сочетании с торфянистой почвой и птичьим помётом: в 1,71, 1,73 и 1,98 раза соответственно.

Для этих же вариантов отмечено и увеличение продуктивности подземной массы: в 1,81; 1,84 и 2,08 раза соответственно.

Таблица 5

Продуктивность надземной и подземной фитомассы *Avena sativa* L. (г/м<sup>2</sup>), при выращивании на различных вариантах почвенной смеси

№ п/п	Варианты опыта	Надземная фитомасса			Подземная фитомасса			Соотношение надземной и подземной фитомассы
		среднее	прибавка к контролю		среднее	прибавка к контролю		
			г/м <sup>2</sup>	%		г/м <sup>2</sup>	%	
1.	Контроль	531,2	-	-	197,8	-	-	2,7:1
2.	ЦТ (B5)	681,4	150,2	28,2	268,8	71,0	35,9	2,5:1
3.	ЦТ (П5)	688,7	157,5	29,7	277,5	79,7	40,3	2,5:1
4.	ЦТ (E5)	736,0	204,8	38,5	303,2	105,4	53,2	2,4:1
5.	ЦТ (B5)+ОП5+ПП5	908,7	377,5	71,0	358,9	161,1	81,5	2,5:1
6.	ЦТ (П5)+ОП5+ПП5	920,3	389,1	73,2	364,6	166,8	84,3	2,5:1
7.	ЦТ (E5)+ОП5+ПП5	1056,0	524,8	98,8	412,3	214,5	108,4	2,6:1
8.	«Байкал»	732,5	-	-	220,6	-	-	2,9:1

В таблице 6 приведены данные полевых опытов. Урожайность, согласно нашей оценке, является наиболее информативным индикатором для анализа эффективности добавок удобрительных смесей, вносимых до начала вегетационного периода растений в 2013 г. в соответствии с применяемой методикой.

Таблица 6

Урожайность надземной массы *Avena sativa* L. при выращивании на различных вариантах почвенной смеси

№ п/п	Варианты опыта*	Урожайность, ц/га			Среднее, ц/га	Прибавки к контролю, %
		2013 г.	2014 г.	2015 г.		
1.	Контроль	16,5	15,9	16,70	16,3±1,8	0
2.	ЦТ (B5)	19,4	18,9	18,8	19,0±2,1	2,66
3.	ЦТ (П5)	22,5	23,7	24,8	23,7±2,6	7,30
4.	ЦТ (E5)	24,0	24,2	20,8	23,0±2,5	6,63
5.	ЦТ (B5)+ОП5+ПП5	21,8	23,7	24,5	23,3±2,5	6,96
6.	ЦТ (П5)+ОП5+ПП5	20,0	19,3	16,8	18,7±2,1	2,33
7.	ЦТ (E5)+ОП5+ПП5	22,0	22,2	20,5	21,6±2,3	5,20
8.	«Байкал»	22,3	23,2	21,3	22,3±2,45	5,90

Из таблицы 6 следует, что в полевых условиях за три года средняя урожайность возросла с 16,37 ц/га до 23,57 ц/га в варианте ЦТ (B5)+ОП5+ПП5. Прибавка по сравнению с контролем в среднем составила 4,85 ц/га. Препарат «Байкал» продемонстрировал урожайность овса на уровне добавок цеолитовых туфов, средняя прибавка составила 5,90 ц/га. Максимальную урожайность овса дали комплексные добавки цеолитовых туфов месторождения Приского и органические удобрения в виде птичьего помета, применённые по 5 ц/га.

### Выводы

1. Применение цеолитовых туфов местных месторождений Южной Осетии (Ванатского, Приского и Ередвского) доказало свою высокую агрономическую и экологическую эффективность в качестве мелиорантов и компонентов органоминеральных удобрений на аллювиальных почвах. Все исследуемые варианты достоверно улучшили ключевые показатели роста и развития овса сорта «Скакун»

(*Avena sativa* L.) по сравнению с контролем.

2. Многолетние исследования (лабораторные и полевые) подтвердили, что все испытуемые добавки (цеолитовые туфы, их смеси с органикой и биопрепарат) достоверно повышают всхожесть семян овса по сравнению с контролем. В лабораторных условиях максимальную среднюю прибавку за 3 года обеспечил биопрепарат «Байкал» (6,1% к контролю), немного опередив Присский цеолит (5,9%). В полевых условиях наилучший результат показала комплексная добавка (Ванатский туф + торф + помет) с прибавкой 6,96% к контролю, однако наиболее стабильно высокие средние значения продемонстрировал Присский цеолит (ЦТ П5).

3. Наибольший эффект на накопление фитомассы (прирост надземной части на 98,8%, подземной — на 108,4%) обеспечило комплексное применение Ередвского цеолита с органикой (торф и птичий помет), что подтверждает синергетический эффект смесей.

4. Цеолиты улучшили структуру урожая: длина метелки достигла 9,7 см, число зерен — 27,88 шт., масса зерна с метелки — 1,02 г. Лучшие качественные показатели получены при сочетании цеолитов с органическими удобрениями.

5. Все виды цеолитов статистически значимо повышали урожайность. Максимальная прибавка (7,30% к контролю, до 23,7 ц/га) достигнута при внесении Присского цеолита (5 т/га), что превзошло эффективность биопрепарата «Байкал». Также высокие результаты показали Ередвский цеолит и комплексная смесь на основе Ванатского.

6. Оптимальная доза внесения — 5 т/га. Использование местных цеолитов экологически безопасно, повышает буферность и влагоемкость почв, а их комбинация с местными органическими ресурсами создает долговременный положительный эффект и экономически выгодна.

### Список литературы

1. Андроникашвили Т.Г., Гамисония М.К., Кардава М.А. Влияние использования природных цеолитов в качестве удобрений на химические и физико-химические свойства подзолистых и карбонатных почв влажных субтропиков Грузии // *Annals of Agrarian Science*. — 2006. — Т. 4. — № 1. — С. 9-14.

2. Бганцова М.В. Использование горчицы сарептской и райграса пастбищного для фиторемедиации загрязнённых свинцом почв: Дисс. канд. биол. наук: 06.01.03. Москва, 2011. — 116 с.

3. Грачева Н.П., Долгих Ю.П., Мирошникова Т.М. Биологическая активность почвы под различными культурами севооборота и ее связь с урожайностью // Научные основы повышения урожайности зерновых культур в Краснодарском крае: Сб. науч. трудов. — Краснодар, 1986. — С. 37-41.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Альянс, 2014. — 351 с.

5. Землянов И.Н. Применение соломы и минеральных удобрений в зернопропашном севообороте // *Земледелие*. — 2007. — № 6. — С.18-19.

6. Методика определения экономической эффективности применения удобрений в агроценозах. — М.: Россельхозакадемия, 2010. — 45 с.

7. Романова Г.А. Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве. Ч. 1. — М.: ФГНУ «Росинформгротех», 2000. — 296 с.

8. Сендеров Э.Э., Петрова В.В. Современное состояние проблемы природных цеолитов. — М.: ВИНТИ, 1990. — 142 с.

9. Самутенко Л.В. Оценка действия цеолита и серпентинита на плодородие почв Сахалина // *Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий*. — 2004. — Ч. 2. — С. 71-77.

10. Malekian R., Abedi-Koupai J., Eslamian S.S. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth // J. Hazard. Mater. – 2011. – Vol. 185. – P. 970-976.

11. Nonaka K., Takahashi K. A method of measuring available silicates in paddy soils // Jpn. Agric. Res. – 1988. – Vol. 22. – P. 91-95.

*Статья поступила в редакцию 02.02.2026 г.*

**Kachmazov J.G., Novitsky M.L. Development features of *Avena sativa* L. on soils using zeolitic tuffs** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2026. – № 158. – P. 13-20

The article presents the results of a long-term (2013-2019) agroecological study on the effectiveness of zeolite tuffs from deposits in South Ossetia (Vanat, Pris, and Eredvi) as ameliorants and components of organomineral fertilizers. The work was carried out on alluvial soils of the Bolshaya Liakhva River valley with the oat crop of the "Astor" cultivar (*Avena sativa* L.). The methodology included vegetation experiments (Wagner vessels) and field trials. It was found that zeolites increased the field germination of oats by 3.05-6.09%. The highest yield increase (+7.3%) was achieved with the application of Pris zeolite (5 t/ha). Complex organomineral mixtures based on zeolites increased the above-ground phytomass by 98.8%. The use of local zeolites, especially in combination with organic matter, showed high agroecological and economic efficiency, which substantiates their use for soil amelioration and increasing crop yields in the conditions of South Ossetia.

**Key words:** *zeolite tuffs; South Ossetia; ameliorants; heavy metals; soil acidity; yield; phytomass; organomineral fertilizers*