

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕОЛИТА НА КАРТОФЕЛЕ В ТРЕХПОЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ЛЕГКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВАХ КАМЧАТКИ

*Н.И. Ряховская, д.с.-х.н., В.В. Гайнатулина, к.с.-х.н., Макарова М.А., Камчатский НИИСХ*

*Изучена реакция картофеля на внесение цеолита при локальном использовании совместно с минеральными удобрениями на легких вулканических почвах Камчатки. Установлено положительное влияние цеолита на урожайность овса на зеленый корм в последствии двух лет. Приведена динамика изменения агрохимических показателей почвы в результате ионообменных процессов, определены эффективные дозы цеолита.*

*Ключевые слова: цеолит-клиноптилолит, вулканические почвы, короткоротационный картофельный севооборот.*

Природные цеолиты – новый вид полезных ископаемых, масштабы их применения которых в мире ежегодно растут. Особенно перспективно использование их для охраны окружающей среды и в сельском хозяйстве. Высокая обменно-сорбционная способность и достаточная сырьевая база цеолитовых туфов на Камчатке позволяют рассматривать их как средство оптимизации использования удобрений, снижения потерь азота в земледелии, загрязнения окружающей среды и сельскохозяйственной продукции [1, 2, 3].

Многочисленные исследования показывают, что увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур под влиянием цеолита объясняется специфическими свойствами минерала. Цеолитовый туф повышает коэффициент использования питательных веществ минеральных удобрений, предохраняет их от вымывания, увеличивает всхожесть семян и влажность почвы, снижая ее кислотность. Цеолит повышает урожайность и улучшает качество продукции в год внесения, а также отмечается положительное последствие его в последующие годы [4,5].

Цеолитовые туфы представляют собой вулканогенную осадочную породу, возраст которой превышает 100 млн лет. Общим для всех цеолитов является наличие алюмосиликатного каркаса микропористой структуры, благодаря которому цеолиты обладают уникальными сорбционными, молекулярно-ситовыми и каталитическими свойствами [6].

В Камчатской области имеются значительные запасы цеолитовых пород (клиноптилолит), что делает актуальным изучение их действия на почву и сельскохозяйственную продукцию. Местный цеолит относится к кислым породам. Химический состав цеолита Ягоднинского месторождения (%): SiO<sub>2</sub> – 68,4, TiO<sub>2</sub> – 0,03, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 11,15, FeO – 0,04, CaO – 2,15, MgO – 0,36, BaO – 0,07, Na<sub>2</sub>O – 0,69, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,038, K<sub>2</sub>O – 4,25, прочие – 12,89 [7].

Легкий гранулометрический состав большинства пахотных почв Камчатки, а также относительная бедность почвообразующих вулканических пород основными элементами питания в доступных формах способствуют формированию неустойчивого питательного режима, дефицитного практически по всем элементам. Специфичность адсорбционно-каталитических свойств цеолитов обуславливается природой их активных центров и частичной локализацией по кристаллографии. Цеолит служит надежным гарантом сохранения минеральных удобрений в пахотном горизонте, что позволяет сократить потери их в почве от вымывания и получить эффект в последствии [8, 9].

Цель исследований – изучить и определить эффективные дозы применения цеолита при локальном внесении на картофеле в короткоротационном севообороте в условиях Камчатского края.

**Методика.** Исследования проводили в Камчатском НИИСХ в 2005-2008 гг. Был использован цеолит клиноптилолит из местных месторождений.

Удобрения и цеолиты вносили под первую культуру (картофель) в звене севооборота со следующим чередованием: 1 – картофель, 2 – овес на зеленый корм, 3 – овес на зеленый корм.

Изучали локальный способ внесения цеолита под картофель в борозды в дозах 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 т/га на фоне минерального питания N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. За контроль принят вариант без удобрений.

Исследования проводили в полевом опыте. Площадь делянки 25 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Клубни картофеля сорта Солнышко высаживали в первой декаде июня по схеме 70 x 30 см. Обработку почвы и уход за посадками проводили по технологии возделывания картофеля, рекомендованной для Камчатской области. Посев овса проводили в первых числах июня без внесения удобрений.

Полевые опыты закладывали на охристо-вулканической почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,6%, NH<sub>4</sub> – 6,8; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 8,1; K<sub>2</sub>O – 11 мг/100 г почвы; гидролитическая кислотность 3,82; обменная – 0,075; Ca – 6,0 мг-экв/100 г почвы; Al и Mg отсутствуют; с низкой обеспеченностью кобальтом – 0,6 мг/кг, молибденом – 0,1; средней обеспеченностью марганцем – 59,5; цинком – 2,6; железом – 16,00; высокой обеспеченностью медью – 6,0 мг/кг почвы. Учеты и наблюдения проводили согласно методике исследований по культуре картофеля ВНИИКХ [10]. Данные исследований обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [11].

Периоды вегетации растений за годы проведения исследований различались, но в целом характеризовались относительно благоприятными условиями. Температурный режим вегетационного периода 2005 и 2008 г. был выше среднеогололетнего показателя. Сумма положительных температур выше +10°C в 2005 г. составила 1196°C, что на 104°C выше среднеогололетней, в 2006 г., соответственно, 1314 и 222°C. 2006 г. был более засушливым по сравнению с 2005 г. Однако осадков в период клубнеобразования выпало достаточно для формирования высокого урожая. Для 2007 г. характерны более низкий термический режим и обилие осадков. Сумма активных температур за вегетацию была ниже на 166°С, что отрицательно сказалось на формировании урожая картофеля. 2008 г. характеризовался высоким температурным режимом с умеренным количеством осадков, высокой влажностью.

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные исследования показали, что цеолит, используемый под первую культуру, положительно влиял на агрохимические показатели почвы. При внесении цеолита локально в дозах от 2,5 до 10,0 т/га в почве повышалось содержание подвижного фосфора на фоне (NPK)<sub>120</sub> с 13,37 до 15,93 мг/100 г почвы, на фоне (NPK)<sub>90</sub> с 12,75 до 15,13 мг/100 г, во втором поле севооборота эти показатели увеличились с 12,20 до 14,83 и с 12,0 до 14,13, в третьем поле – с 10,30 до 11,60 и с 9,80 до 12,70 мг/100 г соответственно. т.е. содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почвенном растворе в первый год внесения цеолита достигло высокого уровня (табл. 1). Такая же тенденция просматривается по динамике подвижного калия: на фоне (NPK)<sub>120</sub> содержание обменного калия в почве увеличилось с 10,77 до 16,90 мг/100 г, на фоне (NPK)<sub>90</sub> с 8,93 до 11,23, во втором и третьем полях с 7,92 до 13,30; с 7,30 до 11,23 и с 9,45 до 10,85; с 8,70 до 9,90 мг/100 г почвы

соответственно. Анализируя агрохимические показатели почвы в отношении калия и фосфора можно сделать вывод о поступлении этих элементов в почвенный раствор путем ионного обмена калия, содержащегося в клиноптилолите (4,2%), а фосфора (0,38%) – из труднодоступных соединений почвы.

В процессе превращений азотных удобрений, на почвах легкого гранулометрического состава с добавкой цеолита, сильнее фиксируется катион  $\text{NH}_4^+$ , что замедляет образование как летучих, так и водорастворимых соединений азота. Под первой культурой (картофелем) аммиачного азота фиксировалось больше на 14,3-71,4% к фону ( $\text{NPK}_{120}$ ) и на 27,0-54,0% к фону ( $\text{NPK}_{90}$ ) в зависимости от дозы цеолита. Максимальное содержание аммиачного азота в почве получено при внесении цеолита в дозе 7,5 т/га. Под второй и третьей культурами севооборота отмечено стабильное повышение аммиачного азота в почве по отношению к фону и контролю.

**1. Динамика агрохимических показателей почвы севооборота при локальном внесении цеолита (среднее за 2005-2008 гг.)**

Севооборот	$\text{pH}_{\text{сол}}$	$\text{P}_2\text{O}_5$ $\text{K}_2\text{O}$ $\text{N-NH}_4$ $\text{N-NO}_3$				Ca Mg	
		мг/100 г почвы				мг-экв/100 г почвы	
<i>Без удобрений – контроль</i>							
Картофель	4,97	10,90	7,53	1,85	0,77	5,07	0,52
Овес на зеленку	5,11	9,27	7,37	1,45	0,30	5,13	0,52
Овес на зеленку	5,10	9,72	8,90	1,20	0,16	4,80	0,48
<i>Фон<sub>1</sub> – N<sub>120</sub> P<sub>120</sub> K<sub>120</sub></i>							
Картофель	5,08	13,37	10,77	1,75	1,73	5,13	0,52
Овес на зеленку	5,17	12,20	7,92	1,60	0,30	4,93	0,60
Овес на зеленку	5,08	10,30	9,45	1,32	0,33	5,30	0,42
<i>Фон<sub>1</sub> + цеолит, 2,5 т/га</i>							
Картофель	5,12	14,37	16,90	2,30	1,92	5,10	0,54
Овес на зеленку	5,14	13,83	9,63	1,90	0,30	4,67	0,56
Овес на зеленку	5,35	10,55	10,85	1,60	0,35	5,20	0,36
<i>Фон<sub>1</sub> + цеолит, 5,0 т/га</i>							
Картофель	5,12	14,30	15,53	2,45	1,79	4,93	0,48
Овес на зеленку	5,14	13,17	11,70	2,05	0,30	4,53	0,64
Овес на зеленку	5,40	10,32	9,70	1,60	0,26	5,00	0,42
<i>Фон<sub>1</sub> + цеолит, 7,5 т/га</i>							
Картофель	5,09	15,93	15,82	3,00	1,73	5,07	0,56
Овес на зеленку	5,14	14,83	11,23	2,40	0,30	4,93	0,64
Овес на зеленку	5,32	11,15	10,05	1,60	0,40	5,10	0,30
<i>Фон<sub>1</sub> + цеолит, 10,0 т/га</i>							
Картофель	5,08	15,27	14,97	2,00	1,96	5,00	0,60
Овес на зеленку	5,14	14,00	13,33	2,30	0,20	4,93	0,80
Овес на зеленку	5,38	11,60	9,90	1,80	0,35	5,00	0,36
<i>Фон<sub>2</sub> – N<sub>90</sub> P<sub>90</sub> K<sub>90</sub></i>							
Картофель	5,17	12,75	8,93	1,85	1,08	5,07	0,50
Овес на зеленку	5,17	12,00	7,30	1,60	0,30	5,00	0,60
Овес на зеленку	5,10	9,80	8,70	1,45	0,14	4,80	0,48
<i>Фон<sub>2</sub> + цеолит, 2,5 т/га</i>							
Картофель	5,17	13,43	14,20	2,35	1,32	5,33	0,50

Овес на зеленку	5,20	13,57	8,47	2,10	0,30	4,87	0,69
Овес на зеленку	5,35	10,05	8,50	1,80	0,28	4,80	0,72
<i>Фон<sub>2</sub> + цеолит, 5,0 т/га</i>							
Картофель	5,19	15,07	16,93	2,70	1,18	5,27	0,50
Овес на зеленку	5,20	14,13	9,03	2,50	0,30	5,00	0,54
Овес на зеленку	5,36	11,60	7,85	1,90	0,31	4,80	0,42
<i>Фон<sub>2</sub> + цеолит, 7,5 т/га</i>							
Картофель	5,16	15,13	17,13	2,85	1,52	5,50	0,50
Овес на зеленку	5,19	12,97	10,80	2,15	0,20	4,87	0,69
Овес на зеленку	5,24	11,92	9,72	1,60	0,30	5,10	0,36
<i>Фон<sub>2</sub> + цеолит, 10,0 т/га</i>							
Картофель	5,20	15,00	16,65	2,62	1,24	5,33	0,60
Овес на зеленку	5,19	13,02	11,23	2,45	0,30	4,87	0,62
Овес на зеленку	5,38	12,70	9,90	1,60	0,28	4,90	0,40

Динамика нитратного азота менее стабильна, положительное влияние цеолита отмечено при внесении его на фоне ( $\text{NPK}_{90}$ ). По всем дозам цеолита содержание его достигло в первом поле 2,35-2,85 мг/100 г почвы, во втором – 2,10-2,50, в третьем – 1,60-1,90 мг/100 г на фоне соответственно 1,85, 1,60, 1,45 мг/100 г почвы.

В исследованиях отмечено изменение кислотности почвы: в первый год севооборота реакция почвенного раствора без цеолита держалась на уровне  $\text{pH}_{\text{сол}}$  4,97, в вариантах с цеолитом – 5,08-5,20, в третьем поле возросла до 5,40 при внесении цеолита 5,0 т/га на фоне ( $\text{NPK}_{120}$ ).

Содержание кальция и магния в почве не претерпело значительных изменений от внесения цеолита.

Установлено, что влияние цеолита и минеральных удобрений в целом по опыту было положительным. Урожайность картофеля по сравнению с контролем (без удобрений) повысилась в 2,4-2,7 раза (табл.2). По отношению к фону  $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$  урожайность картофеля за счет внесения цеолита увеличилась на 28,6-40,5 ц/га; к фону  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$  – на 26,0-39,6 ц/га. Следует отметить, что повышенные дозы цеолита 7,5 и 10,0 т/га способствовали незначительному повышению урожайности картофеля по сравнению с дозой 5,0 т/га цеолита. Урожайность варьировала в пределах 277,8-279,3 ц/га на фоне  $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$  и 251,9-261,0 ц/га на фоне  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ . Внесение цеолита на фоне повышенной дозы минерального удобрения не было достаточно эффективным – прибавка урожая не превышала в среднем 7%. Следовательно, при локальном использовании цеолита под картофель, дозу минерального удобрения можно снизить с  $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$  до  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ . Благодаря физико-химическим свойствам цеолита, положительное действие его на растения и почву сохраняются в течение нескольких лет. Урожайность зеленой массы овса в первый год последствия увеличилась по отношению к контролю на 35,1-48,1 ц/га, на второй год – на 32,8-40,0 ц/га. По отношению к фону прибавка была незначительной и составила 9,9-15,5 ц/га к  $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$  и 13,7-17,8 ц/га к фону  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$  в первый год последствия, во второй год, соответственно, 9,3-15,1 и 12,8-17,1 ц/га. Минеральное удобрение и цеолит обеспечили прибавку урожая сухого вещества в первый год последствия 44,7-83,5%, во второй – 60,1-100,8% по сравнению с неудобренным вариантом.

## 2. Влияние цеолита при локальном внесении на урожайность и качество культур в короткоротационном севообороте

Вариант опыта	Картофель - действие (в среднем за 2005-2007 г.)		Овес -1-й год последействия (в среднем за 2006-2008 г.)			Овес -2-й год последействия (в среднем за 2007-2008 г.)		
	урожайность, ц/га	+ к контролю, ц/га	урожай зеленой массы, ц/га	+ к контролю, ц/га	урожай сухого вещества, ц/га	урожай зеленой массы, ц/га	+ к контролю, ц/га	урожай сухого вещества, ц/га
Без удобрений – контроль	104,5	13,1	83,7	-	20,1	52,4	-	13,3
Ф <sub>1</sub> – N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	238,8	12,8	116,3	32,6	23,8	77,3	24,9	21,3
Ф <sub>1</sub> +цеолит, 2,5 т/га	267,4	12,8	125,9	42,2	30,6	91,3	38,9	26,7
Ф <sub>1</sub> +цеолит, 5,0 т/га	274,5	12,9	127,3	43,6	35,3	86,6	34,2	22,8
Ф <sub>1</sub> +цеолит, 7,5 т/га	277,8	13,0	128,7	45,0	36,9	92,4	40,0	26,1
Ф <sub>1</sub> +цеолит, 10,0 т/га	279,3	13,1	131,8	48,1	32,2	92,3	39,9	25,5
Ф <sub>2</sub> – N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	221,4	13,1	105,1	21,4	23,8	72,4	20,0	19,6
Ф <sub>2</sub> +цеолит, 2,5 т/га	247,4	13,1	118,8	35,1	31,4	87,2	34,8	23,2
Ф <sub>2</sub> +цеолит, 5,0 т/га	251,6	13,1	119,5	35,8	31,8	85,2	32,8	23,4
Ф <sub>2</sub> +цеолит, 7,5 т/га	251,9	13,3	122,0	38,3	29,1	87,9	35,5	24,5
Ф <sub>2</sub> +цеолит, 10,0 т/га	261,0	13,6	122,9	39,2	29,0	89,5	37,1	23,0
НСР <sub>05</sub> :								
мин.удобрения	4,4		9,5			3,6		
цеолит	7,7		6,1			6,3		
общая	10,6		14,6			8,9		

**Заключение.** Применение цеолита-клиноптилолита на фоне минерального удобрения под первую культуру (картофель) в короткоротационном севообороте на легких вулканических почвах способствует повышению обеспеченности почвы легкодоступными формами азота, фосфора и калия.

При использовании цеолита в короткоротационном севообороте наиболее эффективно внесение его под первую культуру (картофель) в дозе 2,5 и 5,0 т/га локально на фоне N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>. Использование цеолита в этих дозах позволит снизить дозу минерального удобрения под основное внесение под картофель на 25%, на второй и третий годы после внесения – выращивать однолетние травы без удобрений.

### Литература

1. Глаз Н.В. Применение цеолитсодержащего минерального сырья в растениеводстве / Глаз Н.В., Сороколетова А.С., Токарева О.Н. // Молодые ученые – агропромышленному производству Дальнего Востока: сб. науч. тр. / Россельхозакадемия, ДВ НМЦ, Примор. НИИ-ИСХ. – Владивосток, 2006. – С. 58-62. 2. Голов В.И. Использование цеолитов в народном хозяйстве Дальнего Востока // Вестник ДВО РАН. – 1995. – № 4. – С. 57-62. 3. Шевченко Л.М., Сидоренко В.П., Баяло С.А. Эффективность применения клиноптилолита на различ-

ных почвах // Земледелие. – 1985. – Вып. 60. – С. 53-56. 4. Цицишвили Г.В. Перспективы применения природных цеолитов // Добыча, переработка и применение природных цеолитов: Сб. науч. тр. – Тбилиси, 1986. – С. 4. 5. Кахабзе С.И. Изучение эффективности применения клиноптилолита с целью повышения плодородия подзолистых почв: Отчет о НИР/ НИИ земледелия. – Грузия. – С. 14. 6. Колодезников К.Е. Кемпендяйские цеолиты – новый вид минерального сырья в Якутии. – Якутск, 1984. 7. Качественная характеристика природного цеолита Ягоднинского месторождения в Камчатском крае. // Комплекс аналитических исследований в ЦНИИ геолнеруд (г.Казань), ГЕОХИ АН РАН, ИГЕМ АН РАН (г. Москва), 2001 г. 8. Стружжина Т.М., Ильиных Ю.А., Иващенко Н.Н., Кочнева М.Б. Эффективность использования цеолита-клиноптилолита в короткоротационном севообороте на легких вулканических почвах Камчатки. – Плодородие. – № 4. – 2012. – С.48-50 9. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В., Эффективность применения цеолита в короткоротационном севообороте // Сборник научных трудов / Россельхозакадемия. Дальневост. регион. науч. центр. Камч.НИИСХ. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – С. 109-115. 10. Методика исследований по культуре картофеля. – М., 1967. – 263 с. 11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## EFFICIENCY OF ZEOLITE FOR POTATO IN A THREE-COURSE CROP ROTATION ON LIGHT VOLCANIC SOILS OF KAMCHATKA N.I. Ryakhovskaya, V.V. Gainatulina, M.A. Makarova, Kamchatka Research Institute of Agriculture, Sosnovka, Elizovo raion, Kamchatka oblast, 684033 Russia

*The response of potato grown on light volcanic soils of Kamchatka to the local application of zeolite in combination with mineral fertilizers has been studied. A positive aftereffect of zeolite on the yield of forage oat during two years has been revealed. The dynamics of changes in the agrochemical parameters of soils due to ion exchange processes has been studied, and efficient rates of zeolite application have been determined.*

*Keywords: zeolite clinoptilolite, volcanic soils, short-cycle potato crop rotation.*