

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕОЛИТА – КЛИНОПТИЛОЛИТА В КОРТОКОРОТАЦИОННОМ ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ЛЕГКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЧВАХ КАМЧАТКИ

Т.М. Стружкина, к.с.-х.н., Ю.А. Ильиных, Н.Н. Иващенко, М.Б. Кочнева, Камчатский НИИСХ

Представлены результаты испытания цеолита-клиноптилолита камчатского месторождения Ягоднинское. Показано, что при определенных условиях цеолит повышает урожайность сельскохозяйственных культур в овощном севообороте (капуста, морковь, овес на зеленый корм). Приведены эффективные способы и дозы внесения минерала, динамика изменений агрохимических показателей почвы в результате ионнообменных процессов, обеспечивающая повышение плодородия.

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

Природные цеолиты все более широко используют в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. Объёмы добычи и потребления цеолитов в США ещё в 80-х годах прошлого столетия приближались к 1 млн т. Природные цеолиты с успехом используют во многих областях в Японии, Венгрии, Болгарии [1].

В сельском хозяйстве России цеолиты используют недостаточно, особенно в земледелии и растениеводстве, хотя имеются положительные результаты применения цеолитов под различные культуры.

По мнению ученых, природные цеолиты обнаруживают четко проявленную биологическую активность [2]. Они существенно влияют на урожайность культурных растений при внесении в почву вместе с удобрениями.

Так в Кемеровском НИИСХ на выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе цеолитовый туф Пегасского месторождения (фракция 2-5 мм, доза 7,5 т/га) при внесении совместно с аммофосом (50 кг/га) дал достоверную прибавку урожая зерна ячменя 4,2, овса 1,7 ц/га [3].

В Центральной части Якутии на дерново-луговой мерзлотной почве цеолитосодержащую породу (хонгурин) применяли в дозах от 5 до 30 т/га под посевы овса по фоновому удобрению ( $N_{150}P_{90}K_{90}$ ). Хонгурин был эффективен в дозах 5 и 10 т/га, обеспечив прибавки зеленой массы 14,8 и 18,6 ц/га соответственно, при урожае без цеолита 117 ц/га [4].

В Западной Сибири на выщелоченном черноземе средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава применение клиноптилолита в дозах 2,5 и 5 т/га (размол 0,3 мм) совместно с минеральными удобрениями увеличивало урожай картофеля на 12-25%, кукурузы (зеленая масса) на 18-36, пшеницы на 8-11% [5].

В условиях Азербайджана на каштановых почвах клиноптилолит, внесенный совместно с удобрениями (помол до 1 мм) в дозах 5; 10 и 20 т/га увеличивал урожай пшеницы, соответственно, на 12,8; 20,7 и 17,1% (или от 3,7 до 5,7 ц/га зерна) [6].

На Полесской опытной станции на среднекислой дерново-подзолистой почве (рН 4,0-4,5) в звене севооборота – картофель, озимая рожь, овес клиноптилолит был наиболее эффективен на картофеле по навозу без NPK (прибавка 55%). Во второй и третий годы последействия получены меньшие прибавки урожая озимой ржи: при дозах 2,5 и 5 т/га без удобрений - 9,5 и 10,2%, по  $K_{90}P_{90}$  - 7,6 и 14,6%, по  $(NPK)_{90}$  26,6 и 5,1 при урожае без цеолита 13,6 ц/га зерна. При внесении клиноптилолита в дозе 2,5 т/га – 45% по  $P_{90}K_{90}$ , 17,4% по  $N_{90}P_{90}$  при дозе 5 т/га – без NPK 37%,  $N_{90}P_{90}$  - 12,  $P_{90}K_{90}$  - 25%, без цеолита урожай зерна составил 12,6 ц/га [7].

В России разведано несколько крупных месторождений цеолитов, в том числе одно из наиболее значительных на Камчатке – Гейзерное (прогнозные запасы 250 млн т). В исследованиях Камчатского НИИСХ использовали цеолит –

клиноптилолит Ягоднинского месторождения (состав : клиноптилолита 73±7%, морденита 16±3%). Химический состав (%):  $SiO_2$  – 68,4,  $Al_2O_3$  – 11,15,  $CaO$  – 2,15,  $K_2O$  – 4,25,  $TiO$  – 0,04,  $FeO$  – 0,04,  $P_2O_5$  – 0,038,  $MgO$  – 0,36,  $BaO$  – 0,07,  $Na_2O$  – 0,69, прочие 12,89 [8]. Из приведенного химического состава видно, что в цеолите преобладают кремний и алюминий; отмечено сравнительно существенное содержание кальция, калия, немного магния и фосфора.

Из токсичных элементов свыше допустимой концентрации содержится только кадмий ( $МДУ\ 0,4 \times 10^{-4}$ ), максимально допустимый уровень для кормовой добавки.

По содержанию цеолита (80%) природный минерал относится к цеолитовому сырью высокого качества. Основной минерал клиноптилолит является кальциево-калиевой разновидностью. Имеются данные о хорошей ионообменной сорбционной способности этого вида цеолитов – не только ионов  $NH_4^+$  и  $Ca^{2+}$ , но и  $H_2PO_4^-$  и  $Mg^{2+}$  [9,10]. Данный цеолит относится к кислым породам, а по содержанию токсичных элементов удовлетворяет существующим требованиям. По катионообменной способности (1,68 мг-экв.) он считается одной из наиболее высококачественных разновидностей цеолитового сырья в ряду известных месторождений.

Высокая обменная емкость, селективность к ионам калия и аммония, а также высокие скорости обменных реакций позволяют рассматривать клиноптилолит как почвоулучшатель сорбционного типа.

Таким образом, большинство исследователей в различных почвенно-климатических условиях получили немало положительных сведений о применении цеолитов в растениеводстве.

Сопоставляя особенности вулканических камчатских почв – легкий гранулометрический состав, промывной режим при обилии осадков в регионе, высокая кислотность среды со свойствами цеолитов, можно ожидать эффект от их применения.

Цель наших исследований – изучить эффективные дозы и способы внесения клиноптилолита из местных месторождений в короткороотационном севообороте: капуста белокочанная, морковь, овес на зеленый корм.

**Методика.** В первом поле севооборота под белокочанную капусту вносили минеральные удобрения и цеолит локально в борозды и сплошным способом под дискование в дозах согласно схемы опыта, кроме того, часть минеральных удобрений из общей дозы ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – в подкормку в период завязывания кочана. В качестве фона вносили навоз крупного рогатого скота в дозе 70 т/га. Повторность опытов четырехкратная, площадь учетной делянки 21 м<sup>2</sup>. Под морковь вносили предпосевное удобрение -  $(NPK)_{120}$  на всех вариантах кроме контрольного. Овес выращивали без NPK. В опытах применяли фракцию цеолита 1-3 мм.

Погодные условия в период вегетации по годам значительно различались. Наиболее благоприятные метеорологические условия сложились в 2005 и 2008 гг., лето было теплым и влажным с превышением суммы температур выше +10°C в сравнении с обычной на 101 и 161°C соответственно.

В 2006 г. период вегетации был самым теплым с превышением суммы активного тепла на 415°C в сравнении с многолетней при 69% осадков от нормы. В 2007 г. лето было холодным с избыточным количеством осадков.

**Результаты и их обсуждение.** В различных погодных условиях по годам опыта цеолиты не оказывали положительно-

го влияния на урожай первой культуры севооборота – белокочанной капусты. В опытах четко проявились изменения агрохимических показателей почвы под действием цеолитов и удобрений (табл. 1). Медленно, но стабильно изменялась актуальная кислотность почвы. От pH 5,75 до закладки опыта кислотность в третьем поле севооборота возросла по NPK + цеолит до pH 6,44-6,69, по фону (навоз) – до pH 6,35.

Более четко подщелачивание почвенного раствора к третьему году после внесения цеолита прослеживается по снижению гидролитической кислотности. Во всех случаях её снижения отмечалось повышенное содержание в почвенном растворе кальция, что произошло, вероятно, из-за десорбции из клиноптилолитового минерала.

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

Севооборот	pH <sub>сол</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Hg	Ca	Mg
		мг/100 г почвы				мг-экв/100 г почвы		
До закладки опытов	5,75	16,3	22,5	2,93	1,60	3,10	13,80	0,68
<i>Фон – навоз, 70 т/га (контроль)</i>								
Капуста – 1-й год	6,05	16,3	24,3	1,50	0,98	2,65	15,1	0,88
Морковь – 2-й год	6,16	18,2	27,3	1,30	1,00	2,34	17,2	0,84
Овес на зеленку-3-й год	6,35	22,5	13,0	2,70	0,60	1,74	16,6	0,84
<i>Фон + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>*</i>								
Капуста	6,02	21,7	34,1	1,60	1,83	2,91	15,9	0,88
Морковь	6,06	26,4	30,6	1,70	0,98	2,71	17,1	0,90
Овес	6,18	27,2	13,8	2,70	0,48	2,46	16,6	0,84
<i>Фон + цеолит, 2,5 т/га</i>								
Капуста	5,87	19,9	26,7	1,73	0,63	3,58	13,6	0,98
Морковь	6,05	26,2	30,5	1,40	1,90	3,33	15,4	0,96
Овес	6,25	28,2	16,1	3,00	0,36	2,21	16,8	0,72
<i>Фон + цеолит, 5 т/га</i>								
Капуста	5,87	19,5	23,2	1,57	0,84	3,60	13,6	0,80
Морковь	5,92	22,4	27,7	1,80	2,05	3,78	16,0	0,69
Овес	6,34	29,2	15,3	3,00	0,76	2,11	16,4	0,72
<i>Фон + цеолит, 10 т/га</i>								
Капуста	5,92	21,1	25,7	2,00	0,76	3,41	15,0	0,92
Морковь	5,74	23,2	32,8	1,50	2,15	4,10	14,0	0,84
Овес	6,65	27,9	16,4	3,20	0,90	1,28	20,6	0,84
<i>Фон + цеолит, 2,5 т/га + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>*</i>								
Капуста	5,81	27,9	33,9	2,47	1,97	4,12	14,4	0,80
Морковь	5,76	23,6	37,1	1,50	2,06	4,20	14,7	0,78
Овес	6,69	29,8	13,8	3,20	0,76	1,40	20,0	0,96
<i>Фон + цеолит, 5 т/га + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>*</i>								
Капуста	5,76	26,1	26,4	1,85	1,90	4,12	15,2	0,80
Морковь	5,86	22,0	28,7	1,48	1,48	3,75	15,7	0,90
Овес	6,58	29,8	14,5	3,10	0,60	1,78	20,2	0,84
<i>Фон + цеолит, 10 т/га + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>*</i>								
Капуста	5,57	27,8	36,1	1,77	2,00	4,31	14,8	0,84
Морковь	5,91	22,2	30,2	1,85	2,55	3,78	15,3	0,90
Овес	6,44	30,2	18,9	3,20	0,76	1,60	19,8	0,84

\*Удобрение вносят дробно, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> -подкормка.

По всем рассматриваемым вариантам с цеолитом в первые 2 года после его внесения наоборот происходило подкисление почвенного раствора.

Аналогичная динамика кислотности почвы прослеживается и при внесении цеолита разбросным способом под предпосевное дискование (табл.2).

Данные агрохимического анализа почвы при локальном внесении цеолита под первую культуру севооборота показывают существенное улучшение плодородия. Подвижный фосфор по всем вариантам опыта в 1-й год с цеолитом и удобрениями фиксировался в почве в большем количестве, чем на контроле, достигая очень высокого содержания – 26,1-27,9 мг/100 г почвы (по NPK без цеолита – 21,7 мг/100 г).

По всем дозам цеолита (2,5; 5 и 10 т/га) концентрация его в ППК достигала 19,9; 19,5 и 21,1 мг/100 г без удобрений при содержании на контроле 16,3 мг/100 г. По всем трем вариантам с цеолитом без NPK в почве под третьей культурой (овес)

фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) было 29,8-30,2 мг/100 г. Все это можно объяснить ионнообменными процессами почва-цеолит.

#### 2. Динамика агрохимических показателей почвы по культурам севооборота при разбросном внесении цеолита (среднее за 2005-2008 гг.)

Севооборот	pH <sub>сол</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Hg	Ca	Mg
		мг/100 г почвы				мг-экв/100 г почвы		
До закладки опытов	5,75	16,3	22,5	2,93	1,60	3,10	13,8	0,68
<i>Фон – навоз, 70 т/га (контроль)</i>								
Капуста – 1-й год	5,92	19,2	18,2	1,10	0,71	3,42	14,1	0,80
Морковь – 2-й год	6,14	24,2	16,8	2,30	0,65	2,74	16,3	0,90
Овес на зеленку-3-й год	6,15	26,8	13,0	3,50	0,64	2,52	16,0	0,96
<i>Фон + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> (хозяйственный контроль)</i>								
Капуста	5,85	23,4	28,6	1,52	1,89	3,69	15,2	0,80
Морковь	6,10	28,3	29,0	2,00	1,70	2,70	16,3	0,99
Овес	6,25	28,6	16,1	4,00	0,38	2,41	17,0	0,84
<i>Фон + цеолит, 5 т/га</i>								
Капуста	5,77	22,6	23,1	1,20	0,73	3,92	14,5	0,76
Морковь	5,94	27,5	29,8	2,40	1,82	3,30	15,6	0,90
Овес	6,05	27,8	18,9	3,20	0,64	2,99	16,2	0,84
<i>Фон + цеолит, 10 т/га</i>								
Капуста	5,72	20,3	27,0	1,10	0,72	4,11	13,6	0,88
Морковь	5,72	26,4	36,2	1,20	2,50	4,39	14,2	0,75
Овес	6,05	26,0	22,2	4,00	0,49	2,80	14,6	0,84
<i>Фон + цеолит, 20 т/га</i>								
Капуста	5,77	20,2	21,7	1,05	0,61	4,18	13,03	0,86
Морковь	5,92	21,2	25,8	1,50	1,98	3,26	14,8	0,84
Овес	6,40	25,2	18,2	4,60	0,98	1,74	16,8	0,72
<i>Фон + цеолит, 5 т/га + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub></i>								
Капуста	5,70	25,6	23,6	1,27	0,87	4,26	14,0	0,88
Морковь	5,94	22,4	29,4	1,60	1,18	3,01	15,4	0,84
Овес	6,25	31,6	15,3	3,60	0,48	2,46	17,8	0,84
<i>Фон + цеолит, 10 т/га + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub></i>								
Капуста	5,87	25,0	25,1	1,37	1,68	3,88	15,3	0,80
Морковь	6,14	22,0	28,4	1,70	1,08	2,48	16,2	0,84
Овес	6,52	31,6	18,9	4,00	0,60	1,60	21,0	0,60
<i>Фон + цеолит, 20 т/га + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub></i>								
Капуста	5,74	25,4	32,7	1,40	1,89	3,88	14,5	0,96
Морковь	6,11	24,4	31,8	1,40	0,84	2,72	15,9	0,90
Овес	6,15	31,0	26,0	4,00	0,98	2,68	16,6	0,60

Некоторые ученые считают, что подвижный фосфор в ППК поступает в присутствии цеолита из труднодоступных соединений, активизируя работу почвенной микрофлоры [8, 9]. Такое утверждение может иметь реальную основу и в нашем случае, тем более что в камчатском клиноптилолите содержание фосфора очень небольшое (0,038%) в сравнении с другими элементами. Источником фосфора послужили видимо труднодоступные соединения в почве.

Ионнообменные процессы меньше влияют на содержание калия. Изменение его содержания происходило в основном от действия внесенных удобрений и выноса этого элемента растениями.

Под третьей культурой севооборота через 2 года после внесения цеолита его несколько больше содержалось в почве на вариантах без удобрений, чем на контроле (13 мг/100 г) - 15,3-16,4 мг/100 г почвы.

Улучшение азотного питания растений по фону цеолита можно проследить по динамике аммиачного катиона NH<sub>4</sub>. Под первой культурой – капустой белокочанной – аммиачного азота фиксировалось в первом поле севооборота в среднем 1,6 мг/100 г почвы, по цеолитовым вариантам 1,73-2,00 мг/100 г, а в третьем поле (овес), соответственно, 2,70 и 3,00-3,20 мг/100 г без удобрений и 3,20 мг/100 г по NPK + цеолит. Динамика нитратного азота была менее стабильной, но здесь также просматривается положительное влияние цеолита на азотное питание растений.

Агрохимические показатели почвы в опыте при разбросном внесении цеолита в общем близки к локальному внесе-

нию, но, несмотря на более высокие дозы минерала в отдельных случаях отличаются нестабильным содержанием подвижных форм питательных веществ.

В различных погодных условиях по годам опыта цеолиты не оказывали положительного влияния на урожай первой культуры в севообороте – капусты белокочанной (табл.3).

**3. Урожайность культур севооборота, т/га, при локальном внесении цеолита (клиноптилолита) в короткороотационном севообороте (среднее за 2005-2008 гг.)**

Удобрение, цеолит	Капуста белокочанная			Морковь**			Овес на зеленую массу		
	уро-жай	прибавка к кон-тро-лю	хоз. кон-тро-лю	уро-жай	прибавка к кон-тро-лю	хоз. кон-тро-лю	уро-жай	прибавка к кон-тро-лю	хоз. кон-тро-лю
Фон – навоз, 70 т/га – контроль	31,4	-	-	15,7	-	-	13,6	-	-
Фон + NPK* – хоз. контроль	53,7	22,2	-	20,2	4,5	-	17,7	4,1	-
Фон + цеолит, 2,5 т/га	34,6	3,2	-	19,7	4,0	-	14,7	1,1	-
Фон + цеолит, 5 т/га	40,0	8,5	-	16,6	0,9	-	18,8	5,2	1,1
Фон + цеолит, 10 т/га	35,9	4,5	-	22,6	6,9	2,4	20,4	6,8	2,7
Фон + цеолит, 2,5 т/га + NPK*	51,4	20,0	-	23,5	7,8	3,3	17,1	3,5	-
Фон + цеолит, 5 т/га + NPK*	55,9	24,5	2,2	23,7	8,0	3,5	16,1	2,5	-
Фон + цеолит, 10 т/га + NPK*	55,6	22,3	1,9	26,8	11,1	6,6	22,7	9,1	5,0
HCP <sub>05</sub> т/га	12,7			5,8			4,25		

\*Удобрение внесено дробно: N<sub>90</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> при посадке, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в подкормку. \*\*Под морковь внесено предпосевное удобрение – N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>, кроме контроля.

На последующих культурах (морковь и овес во второй и третий годы опыта) получены достоверные прибавки урожая при локальном внесении цеолита в борозды при посадке капусты. Эффективным оказался цеолит, внесенный в дозе 10 т/га совместно с минеральным удобрением (N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>). Прибавка урожая моркови составила 6,6 т/га (32,7%) при урожае в хозяйственном контроле 20,2 т/га.

На третий год после внесения цеолита в дозе 10 т/га прибавка урожая зеленой массы овса составила 5 т/га (28,2%).

При сплошном внесении цеолита под дискование достоверных прибавок не получено, хотя этим способом его вносили в больших дозах – 5; 10 и 20 т/га. Локальное внесение по всей вероятности создает более высокую концентрацию минерала в почве и ускоряет ионообменные процессы.

Внесение цеолита в дозе 10 т/га совместно с NPK в трехпольном севообороте (капуста, морковь, овес на зеленый корм) оказалось экономически выгодным по расчету в ценах 2008 г. При дополнительных затратах на внесение цеолита и

уборку урожая в сумме 79,58 тыс. руб. стоимость прибавок урожая с 1 га за ротацию составляла 209,67 тыс. руб. Чистый доход с 1 га получен в сумме 130 тыс. руб. По расчетам применение цеолитов на овощных культурах может быть экономически оправданным при их стоимости до 7 руб. за 1 кг.

**Выводы.** Оценивая потенциальные свойства цеолита – клиноптилолита Ягоднинского месторождения необходимо отметить следующее:

1. Клиноптилолитовая порода обладает значительной сорбционной емкостью, что является полезным свойством для легких вулканических почв Камчатки, характеризующихся небольшой величиной этого показателя.

2. Камчатский цеолит обладает нейтрализующей способностью, но значительно слабее в сравнении с известковыми материалами. К третьему году опыта, как кислотность, так и гидролитическая кислотность изменились на 0,6 ед. в сторону подщелачивания независимо от дозы цеолита. В почвенном поглощающем комплексе содержание кальция возрастало в среднем с 16 до 20 мг-экв/100 г почвы.

3. Цеолит – клиноптилолит Ягоднинского месторождения эффективен только при одновременном внесении с минеральными удобрениями.

4. Достоверные прибавки урожая дает локальное внесение цеолита в борозды при посадке в дозе не менее 10 т/га, сплошное внесение в дозах 5; 10 и 20 т/га неэффективно.

5. Важная проблема растениеводства – улучшение фосфорного питания растений путем мобилизации его на кислых почвах из труднодоступных соединений в присутствии цеолита. Для её обоснования требуются дальнейшие исследования.

#### Литература

1. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. – М.: Недра, 1987. – 176 с.
2. Барошенко В.П., Зенкевич Е.Л., Пакуль В.Н. Эффективность доз цеолита на посевах гороха. – Применение природных цеолитов в народном хозяйстве: Доклады респуб. конференции "Теоретические и прикладные проблемы внедрения цеолитов в народном хозяйстве РСФСР". – Кемерово, 1988. – С. 38-47.
3. Петункин Н.И., Овгаренко М.В., Барошенко В.П., Зинкевич Е.П. Применение цеолита пегасского месторождения на зернофуражных культурах // Применение природных цеолитов в народном хозяйстве. – Кемерово – Новостройка, 1988, – Ч 2. – С. 24-33.
4. Иванова Л.С., Винокурова В.С. Действие хонгурина на урожайность зеленой массы овса в Центральной Якутии. Там же. – С. 33-38.
5. Хромов А.Я., Белицкий И.А., Литвина Л.А., Болтухин В.П. Применение цеолитовых туфов в растениеводстве Западной Сибири // Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. – Тбилиси: Мецниереба, 1984. – С. 113-114.
6. Мамедова С.Н., Искендеров И.Ш. Использование природных цеолитов для повышения урожайности зерновых. Там же. – С. 121-122.
7. Шевченко Л.А., Байраков В.В., Баяло С.А. Сравнительная эффективность цеолита – клиноптилолита и доломита на песчаной дерново-подзолистой почве. Полесья УССР. Там же. – С. 202-205.
8. Качественная характеристика природного цеолита Ягоднинского месторождения в Камчатской области // Комплекс аналитических исследований в ЦНИИ геолнеруд (г. Казань), ГЕОХИ АН РАН, ИГЕМ АН РАН (г. Москва), 2001.
9. Гамисония М.К. и др. Изменение микрофлоры почвы при наличии цеолита. – Сб. науч. тр.: Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. – Тбилиси, 1984. – С. 230-233.
10. Михалик И., Папка И., Мишик Ю. Химические и сорбционные свойства цеолитов. – Нитра, СХИ, Чехословакия, 1988. – С. 56-71. Там же.
11. Самутенко Л.В. Оценка действия цеолита и серпентинита на плодородие почв Сахалина. Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий: Сб. науч. тр. Ч. 2. – Магадан: Магаданский НИИСКХ, 2004. – С. 71-77.

#### EFFICIENCY OF ZEOLITE-CLINOPTYLOLITE IN A SHORT VEGETABLE CROP ROTATION ON LIGHT-TEXTURED VOLCANIC SOILS OF KAMCHATKA

*T.M. Struzhkina, Yu.A. Il'nykh, N.N. Ivashchenko, M.B. Kochneva  
Kamchatka Research Institute of Agriculture,  
ul. Tsentral'naya 4, Sosnovka, Elizovo raion, Kamchatka oblast, 684033 Russia*

*Zeolite-clinoptylolite from the Yagodnoe deposit, Kamchatka, was tested. Under specific conditions, zeolite increases the yield of agricultural crops in a vegetable (cabbage, carrot, fodder oat) crop rotation: efficient application methods and rates were determined; the dynamics of changes in soil agrochemical parameters due to ion-exchange processes, which ensures the increase in soil fertility, was studied. The first rotation crop (cabbage) did not increase the yield at the application of zeolite; the yield of carrot increased by 6.6 t/ha (32.7%); the yield of oat green mass increased by 28.2% (in the aftereffect) at the application of 10 t/ha zeolite + N<sub>150</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> for the first crop.*

*Keywords: zeolite-clinoptylolite, volcanic soils, vegetable crop rotation.*

