

УДК 631.811.94.031 (470.311):546.74

НАКОПЛЕНИЕ НИКЕЛЯ НЕКОТОРЫМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ В УЧХОЗЕ «МИХАЙЛОВСКОЕ» МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Б. А. ЯГОДИН, В. В. ГОВОРИНА, С. Б. ВИНОГРАДОВА, А. Г. ЗАМАРАЕВ,
С. М. САБЛИНА

(Кафедра агрохимии)

Обсуждаются литературные данные о накоплении растениями разных видов никеля, содержании этого металла в основных сельскохозяйственных культурах в разных странах мира, особенности воздействия низких и высоких концентраций никеля в среде на накопление его в растениях. Приводятся данные о содержании никеля в урожае (1990 г.) озимой пшеницы, ячменя, овса, картофеля, многолетних и однолетних трав, а также естественной растительности из учхоза «Михайловское» Московской области. Отмечается, что концентрация никеля во всех культурах превышает предельно допустимую, установленную для основных пищевых продуктов.

Расширение и углубление исследований агроэкологических аспектов применения средств химизации, влияния их на почву, растения, атмосферу и водоемы, установление параметров оптимального плодородия почв, совершенствование системы получения высоких урожаев позволяют перейти к разработке и использованию на практике количественных моделей плодородия почв и продуктивности растений, включая их элементный состав.

Принципы формирования химического состава растений обсуждаются давно. В. И. Вернадский [2] указывал на тесную связь между элементным химическим составом организмов и земной корой. В настоящее время признано, что элементный состав растений зависит как от генотипической специфики их минерального питания, так и от геохимии окружающей среды. Вместе с тем необходимость для живых существ

многих элементов экспериментально еще не доказана. В связи с этим некоторые авторы разделили их на необходимые и потенциально токсичные [1]. При обсуждении данной проблемы правильнее говорить не о токсичных элементах, а о токсичных для живых организмов их концентрациях, так как благодаря свойству пороговости при малых концентрациях они обычно стимулируют жизнедеятельность, при высоких — подавляют, а в области средних концентраций существует диапазон, в котором организмы обладают способностью регулировать свои взаимоотношения со средой [8, 22].

Известно, что элементный химический состав растений может варьироваться даже в условиях фонового содержания элементов в почве. Почты для всех растений характерны сезонные его колебания — весной он значительно беднее, чем осенью. В большинстве проб растений фоновые содержания ва-

надия, магния, алюминия, свинца весной ниже, цинка и молибдена — примерно равны, меди и никеля — более чем в 2 раза выше по сравнению с их содержанием осенью [9].

Применение современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур с использованием удобрений и ядохимикатов, а также многолетнее воздействие промышленных предприятий оказывают существенное влияние на химический состав растений и эколого-гигиеническое состояние продукции. Оценка содержания химических элементов в растениях, как правило, базируется на системе предельных допустимых концентраций (ПДК) для пищевых продуктов, которая хотя и условна в какой-то мере, но вполне пригодна на первом этапе мониторинга, когда ставится задача определения существующего уровня содержания токсических веществ в объектах окружающей среды.

По нашим данным, в 1990 г. элементный состав урожая культур в многолетнем опыте кафедры растениеводства, который проводится в учебном хозяйстве «Михайловское» Московской области, отличался высокими концентрациями никеля.

Известно, что никель обнаруживает специфическую биогеохимическую особенность: в деревьях и кустарниках после дождя его содержание увеличивается. Учитывая биогенность никеля, можно предположить, что он интенсивно поглощается из почв деревьями и кустарниками благодаря условиям, складывающимся после дождя (изменение рН почвы, большая подвижность никеля во влажных условиях). В травянистых растениях содержание этого элемента, как правило, меньше после дождя, т. е. травы не успевают пополнить его запасы, вероятно, вследствие менее развитой корневой системы, практически не выходящей за пределы верхнего гумусового горизонта почв. В летний период отмечается наибольший вынос никеля растениями [8, 20, 37].

По имеющимся данным [7, 14, 33],

высоким накоплением никеля отличаются растения семейства астровых и бурачниковых, низким — розанные. В условиях Вологодской области молочан татарский (*Mulgedium tatarican L.*) и полынь (*Artemisia vulgaris L.*) накапливали меньше никеля, чем костер растопыранный (*Bromus squarrosus L.*) — 5,2 и 4,0 против 10,5 мг/кг. Известны данные и о неравномерном распределении никеля по органам растений. Так, у молочая (*Euphorbia virgata L.*) и василька (*Centarea adpressa Zeded*) наибольшей его концентрацией отличаются корни (соответственно 4,4 и 7,3 мг/кг), за ними следуют цветы (4,6 и 2,7), листья (1,7 и 3,0) и стебли (1,3 и 2,1 мг/кг).

Т а б л и ц а 1

Содержание никеля в сельскохозяйственных культурах

Культура	Страна	Никель, мг/кг	Литературный источник
Овес	Канада	2,79	[10]
»	Норвегия	1,23	[10]
»	США	0,52	[10]
»	ФРГ	1,0	[10]
»	Финляндия	0,44	[10]
»	»	1,8-3,3	[32]
» (мука)	СССР	2,55	[10]
Пшеница озимая	Польша	0,4	[10]
» »	США	0,25	[10]
» »	Швеция	0,5	[10]
» »	Финляндия	0,3-0,4	[32]
Пшеница яровая	США	0,32	[10]
» »	ФРГ	0,4	[10]
Пшеница (отруби)	СССР	3,60	[10]
Ячмень	США	0,2	[10]
»	ФРГ	0,9	[10]
»	Финляндия	0,14	[10]
Рожь	»	0,2	[32]
Гречиха	»	2,0	[32]
Просо	»	1,5	[32]
Кукуруза	»	0,2	[32]
Зерновые	СССР	0,8-1,1	[20]
Бобовые	»	0,7-1,1	[20]
		(редко 5-7)	
Картофель	Финляндия	0,05	[32]
Салат	»	1,0	[32]
Шпинат	»	0,2	[32]
Укроп, петрушка	»	0,5	[32]
Огурец	»	0,02	[32]

Среднее содержание никеля в основных зерновых культурах из незагрязненных регионов разных стран мира лежит в пределах от 0,14 до 2,79 мг на 1 кг сухой массы (табл. 1). Максимальные значения характерны для овса. По мнению некоторых исследователей [7, 33], эта культура обладает способностью накапливать никель в очень больших количествах в метелке и репродуктивных органах, причем поглощение его зависит от pH почвы: при изменении pH от 4,5 до 6,5 содержание никеля в зерне уменьшается в 8 раз [10]. Учитывая эту особенность, посевы овса вблизи предприятий, в состав выбросов которых входит никель, не рекомендуются. Наименьшее количество никеля содержится в зерне кукурузы и ржи. Среди изученных зерновых культур последняя наиболее устойчива к загрязнению среды этим элементом [19].

Поступление никеля в надземную часть меньше у некоторых зеленных культур (укропа, лука) и особенно огурца. Так, по данным [6], при содержании никеля в почве 400 мг/кг у салата его накапливалось 419, а в плодах огурца — всего 12 мг/кг.

Дикие злаки накапливают никеля больше, чем культурные (в среднем 2,6 и 0,78 мг/кг). В модельных опытах, имитирующих техногенное загрязнение среды, было установлено, что за один вегетационный период многолетние злаки (костер, тимофеевка, овсяница, мятлик) поглощали никеля больше, чем однолетние (овес, ячмень, пшеница, озимая рожь) [6, 14].

Существует мнение [10], что растения, являющиеся концентраторами кобальта (в частности, сем. Boraginaceae, Scruciferae, Mirtaceae, Leguminosae, Caryophyllaceae), отличаются высокой толерантностью к никелю и способны его накапливать в больших количествах.

В определенном диапазоне концентраций никель, как и другие металлы, выступает активатором окислительно-

восстановительных процессов в растительных клетках. Например, его внесение в почву под люцерну из расчета всего 3—9 мг на 1 кг повысило активность аскорбиноксидазы, пероксидазы и каталазы, что в конечном счете привело к повышению урожая культуры на 10—27%, содержанию каротинов — на 17—19%, суммы сахаров — в 1,2—1,8 раза [15].

При значительном техногенном загрязнении почв никелем снижаются урожаи культур и качество сельскохозяйственной продукции [4, 11]. Признаки токсичности никеля фиксируются с первых дней вегетации. У бобовых при высоком содержании никеля в почве (25—30 мг/кг) семядоли приобретают белый оттенок, настоящие листочки чернеют и засыхают. У гречихи, овса и льна наблюдаются побурение, некроз и опад листьев, часто происходит изменение формы растений: они становятся низкорослыми, уродливыми, у злаковых отмечаются изменения цвета молодых листьев (междужилковый хлороз, побурение), чалхые корни [10, 19, 31]. У древесных культур появляются ненормальные, мелкие листья, уменьшается количество боковых корней, утолщаются концы корешков в виде многочисленных узелков [23, 29, 35]. Следует отметить, что на неокультуренной почве появление признаков токсикоза регистрируется при меньших концентрациях никеля, а при равных его концентрациях в почве — раньше, причем признаки токсикоза выражены более четко, чем на окультуренной [19].

Никель вместе с кобальтом, хромом, медью, железом, марганцем, молибденом, селеном и цинком входит в группу микроэлементов, связанных в клетках растений с большими молекулами — протеинами, в том числе ферментами. Жизненная необходимость никеля в достаточной степени не подтверждена. Однако некоторые исследователи настаивают на признании это-

го элемента необходимым для высших растений [23, 28, 38]. Имеются некоторые доказательства, что ячмень не может завершить свой жизненный цикл без достаточного количества никеля. Так, при проращивании семян, содержащих от 40 до 80 нг Ni на 1 г сухого вещества, на бидистилляте, содержащем < 30 нг Ni на 1 л скорость прорастания снижалась на 50%. Семена, содержащие < 30 нг Ni на 1 г сухого вещества, оказались нежизнеспособными [24]. Ранее обнаружено, что никель является компонентом уреазы и не может быть заменен такими металлами, как алюминий, кадмий, олово или ванадий [26, 27].

Выделены 4 основных никельсодержащих комплекса *in vivo*: 3 вида анионных и один катионный [25]. За счет образования высокомолекулярных комплексных соединений ($\lg K=10,3+7,0$) происходит снижение токсичности никеля в клетках [5].

Результаты опытов, в которых сравнивалось токсическое воздействие никеля на растения, поступающего в них из почвы и воздуха, показали, что снижение сырой и сухой массы листьев было одинаковым при воздействии 1 мг Ni на 1 л из почвенного раствора и 4,5 мкг на 1 см³ из воздуха [34].

Фитотоксичность никеля может быть ослаблена при внесении в почву высоких доз органических удобрений, известковании кислых почв и добавлении в нейтральные почвы магния и фосфора. Эти приемы основаны на антагонизме никеля с макроэлементами — кальцием, магнием, фосфором, калием, железом, серой [10, 12, 16]. В большей степени характер токсического воздействия никеля определяется отношением этого элемента к антагонисту, нежели его абсолютным количеством.

При изучении прорастания семян кукурузы в водной культуре, содержащей Ni⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺ отдельно и в сочетаниях, было установлено [36] ослабление ро-

ста корней (в 2 раза по сравнению с контролем) в варианте с концентрацией никеля 0,1 мг/л. Это действие снималось добавлением в раствор 4 мг Mg и 32 мг Ca на 1 л. Такое же повреждающее действие наблюдалось при концентрациях магния и кальция соответственно 64 и 1024 мг/л. Рост корней прекращался при 8-часовой экспозиции в растворе никеля 1 мг/л. Максимальное защитное действие кальция отмечалось в случае, когда на каждый ион никеля приходилось примерно 100 ионов кальция. Это широкое отношение объясняет, почему никель так токсичен и почему защитное действие не всегда эффективно в естественных условиях.

В производственных условиях нередко никель поступает в растения вместе с сернистыми соединениями. Эффект совместного их воздействия зависит от вида соединения серы (почвенный SO₄²⁻ или воздушный SO₂), возраста растений и сочетания доз. Исследования показали, что никель ослабляет устойчивость овса к воздействию сернистого газа [12].

Еще более сложный характер взаимодействия отмечается при комбинированном загрязнении почв несколькими металлами. Например, в модельных опытах с яровой пшеницей внесение в почву одного никеля (30 мг/кг) не оказывало отрицательного действия на урожай. Совместное внесение меди и никеля (120+30) привело к его снижению на 20%, кобальта и никеля (12+30) — на 6, меди и кадмия (120+12) — на 14%. При сочетании двух металлов их отрицательное действие сглаживалось [17]. Аналогичный эффект наблюдали другие исследователи в опытах с томатами и сеянцами древесных пород [29, 30].

В настоящем сообщении приводятся результаты определения содержания никеля в урожае основных сельскохозяйственных культур и естественной растительности с целью оценки санитарно-гигиенического состояния про-

дукции растениеводства основной исследовательской базы Тимирязевской академии.

Методика

Наши исследования проводились в 1990 г. на полях длительного стационарного опыта, заложенного в 1967 г. в учебном хозяйстве «Михайловское» (примерно в 18 км от Подольска и в 50 км от Москвы). Опыт размещен на трех смежных участках с рельефом ровным или с небольшим юго-восточным уклоном. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, глубина пахотного слоя 20-22 см. Участки существенно различаются по плодородию (агрохимическим, агрофизическим и биологическим свойствам почвы): слабокультуренная почва — рН 3,8-4,5, содержание гумуса по Тюрину — 1,4%, подвижного фосфора — 3,3 мг, обменного калия — 6,4, легкогидролизуемого азота — 6 мг на 100 г; среднекультуренная — рН 6,5, содержание гумуса — 2%, фосфора и калия — 18, азота — 10-12 мг/100 г; хорошо окультуренная — рН 6,5, содержание гумуса — 2,8%, фосфора — 30 мг, калия — 25, азота — 13-14 мг на 100 г.

На слабокультуренной почве полевые культуры возделываются без применения удобрений, гербицидов и известкования. Остальные технологические приемы такие же, как на участках со средним и высоким уровнем плодородия. Варианты опыта включают 3 уровня удобренности: в расчете на усвоение 2 и 3% ФАР, по рекомендации зональной лаборатории, а также без удобрений. Среднекультуренную и хорошо окультуренную почву перед закладкой опыта известковали туфом (9 т/га) из расчета 1,5 нормы гидrolитической кислотности с учетом тонинны помола и содержания в нем действующего вещества. Для поддержания баланса гумуса вносили органическое удобрение (35 т/га) под занятый пар и картофель.

Применяемая технология выращивания сельскохозйственных культур на протяжении более двух десятилетий обеспечивала получение высоких урожаев зерна озимой пшеницы, отвечающей требованиям ценной пшеницы (до 60 ц/га), клубней картофеля с содержанием нитратов 30-50 мг/кг (450 ц/га), сена и зеленой массы многолетних и однолетних трав высокого качества [21].

Никель в растительном материале определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре РС-1500 (Perken-Elmer).

Т а б л и ц а 2

Содержание никеля (мг на 1 кг сухой массы) в урожае озимой пшеницы и ячменя *

Вариант **	Оз. пшеница		Ячмень	
	зерно	солома	зерно	солома
Низкий уровень плодородия				
I	1,53	1,52	0,80	1,79
	1,81	1,45	0,94	1,37
Средний уровень плодородия				
I	1,74	1,78	0,96	1,43
	1,47	1,30	0,94	1,11
II	1,30	1,51	1,36	1,41
	1,40	1,91	1,50	1,81
III	1,65	2,19	1,63	1,89
	1,64	2,73	1,40	1,94
IV	1,60	2,15	1,72	1,41
	1,60	2,46	1,88	1,58
Высокий уровень плодородия				
I	1,98	2,83	2,26	2,25
	1,85	2,52	2,24	2,52
II	1,47	3,42	2,07	1,90
	1,70	3,20	1,81	2,27
III	1,72	3,30	2,06	2,19
	1,83	3,20	2,12	2,80

* Здесь и в табл. 3-5 в числителе и знаменателе 1-я и 2-я биологические повторности.

** Вариант I — без удобрений, II и III — НРК в расчете на усвоение соответственно 2 и 3% ФАР, IV — НРК по рекомендации зональной лаборатории.

Т а б л и ц а 3

Содержание никеля (мг на 1 кг сухой массы) в урожае овса и картофеля

Вариант	Овес		Картофель	
	зерно	солома	клубни	ботва
Низкий уровень плодородия				
I	4,45	2,27	2,08	11,63
	6,47	2,64	2,65	11,88
Средний уровень плодородия				
I	2,21	1,85	1,10	6,36
	2,61	2,35	1,32	6,32
II	3,11	1,96	1,22	5,88
	2,42	2,35	1,66	5,79
III	3,97	2,35	1,56	6,18
	3,48	2,77	1,98	6,67
IV	2,96	2,94	1,28	5,02
	2,86	2,69	1,76	6,51
Высокий уровень плодородия				
I	3,97	3,93	1,62	5,76
	3,95	2,75	1,96	8,85
II	3,64	2,69	1,72	6,90
	4,01	2,71	1,82	6,22
III	3,23	3,00	1,70	6,34
	3,15	2,80	1,60	5,96

Т а б л и ц а 4

Содержание никеля (мг на 1 кг сухой массы) в урожае клевера

Вариант	1-й год пользования		2-й год пользования	
	I укос	II укос	I укос	II укос
	мг/кг сухой массы			
Низкий уровень плодородия				
I	8,64	6,35	9,62	6,94
	13,04	10,88	10,50	8,37
Средний уровень плодородия				
I	3,48	4,00	5,64	4,66
	1,74	4,29	4,92	4,46
II	1,04	4,93	4,34	4,64
	4,44	4,15	5,18	-
III	3,66	4,22	4,80	4,72
	4,36	4,34	4,44	4,80
IV	3,70	4,26	4,22	4,92
	3,88	3,93	5,00	5,04
Высокий уровень плодородия				
I	3,66	4,99	7,62	3,40
	2,90	3,91	5,06	4,96
II	2,74	4,20	4,98	5,28
	3,12	3,45	5,06	3,50
III	1,20	-	5,14	4,86
	1,34	3,90	5,84	4,76

Результаты

Содержание никеля в основной и побочной продукции зерновых культур значительно колебалось (табл. 2 и 3): в зерне озимой пшеницы — 1,30-1,98, ячменя — 0,80-2,26, овса — 2,21-6,46 мг/кг; в соломе — соответственно 1,30-3,42; 1,11-2,80 и 1,85-3,93. Прослеживается тенденция увеличения содержания никеля в зерне и соломе ячменя, а также в соломе озимой пшеницы по мере повышения уровня плодородия почвы.

Полученные данные сравнивали с установленными для зерновых культур из незагрязненных районов. Так, по данным разных авторов, среднее содержание никеля в зерне пшеницы из многих стран мира относительно стабильно и изменяется примерно от 0,2 до 0,6 мг на 1 кг

Т а б л и ц а 5

Содержание никеля (мг на 1 кг сухой массы) в тимopheевке, вике и овсе

Вариант	Тимофеевка 1-го года пользования		Тимофеевка 2-го года пользования		Вика	Овес
	I укос	II укос	I укос	II укос		
	Низкий уровень плодородия					
I	4,18	2,67	5,22	3,76	8,81	6,06
	5,32	2,99	5,02	3,60	11,28	7,12
Средний уровень плодородия						
I	3,84	2,32	4,88	2,76	5,16	1,86
	3,56	2,39	4,76	1,98	4,94	2,08
II	2,04	2,50	4,30	1,34	4,60	2,40
	1,52	2,45	4,36	1,35	6,02	2,34
III	1,90	2,75	4,26	1,53	4,48	3,00
	1,64	2,74	-	1,60	6,24	2,96
IV	3,36	2,56	3,06	1,49	4,68	2,91
	3,72	2,51	3,28	1,56	4,34	2,90
Высокий уровень плодородия						
I	2,22	2,04	4,46	2,42	6,46	5,44
	2,84	2,35	4,82	2,97	-	5,76
II	2,96	2,10	4,16	3,62	3,92	3,98
	2,72	2,50	4,58	3,66	-	3,70
III	3,21	2,48	4,80	2,88	3,80	1,98
	3,26	1,98	4,62	3,13	3,64	1,84

сухой массы. В среднем его концентрация в зерновых культурах оценивается в 0,5 мг/кг. Зерно овса содержит несколько больше этого элемента (0,3-2,8 мг/кг). Установлена ПДК никеля в основных продуктах питания — от 0,1 до 0,5 мг на 1 кг массы [3]. Таким образом, в урожае зерновых культур рассматриваемого многолетнего опыта содержание никеля в среднем в 1,5-4 раза выше ПДК, а в зерне овса при низком плодородии почвы его накапливалось в 8-12 раз больше уровня ПДК. В литературе приводятся примеры чрезвычайно высокого накопления никеля зерном овса — до 6,35 мг/кг на кислых сульфатных почвах при рН 4,8 [39].

Высоким содержанием никеля отличался также картофель (табл. 3): в клубнях — 1,10-2,65, в ботве — 5,02-11,88 мг на 1 кг сухой массы. Причем в ботве картофеля на участке с низким плодородием почвы концентрация никеля достигала избыточного и токсичного уровня. В общем случае границы избыточного и токсичного уровня этого элемента для большинства видов растительности изменяются от 10 до 100 мг/кг [10].

При среднем содержании сухого вещества в клубнях картофеля (~25%) концентрация никеля превышала ПДК (0,5 мг на 1 кг сырой массы) только на участке с низким уровнем плодородия.

В однолетних травах содержание никеля колебалось от 1,84 до 11,28 мг/

кг (табл. 5); особенно высоким оно было в бобовом компоненте (в 1,2-2,8 раза больше, чем в злаковом). В многолетних травах такая же закономерность прослеживалась для трав 1-го года пользования II укоса и 2-го года пользования (табл. 4 и 5). Во многих растительных образцах содержание никеля оказалось чрезвычайно высоким. Следует учитывать, что при уровне никеля в кормах свыше 3 мг/кг возможны различные изменения в обмене веществ у животных [13].

Анализ на содержание никеля проводился также в естественных травах, произрастающих на прилегающих к опытному полю участках (табл. 6).

Образцы отбирали в период скашивания трав на сено или зеленый корм. Выявленные различия в содержании никеля (от 0,6 до 7,52 мг/кг), вероятно, объясняются видовыми особенностями.

Таким образом, в элементном составе основной и побочной продукции озимой пшеницы, ячменя, овса, а также в многолетних и однолетних травах, выращиваемых на опытном поле учхоза «Михайловское», выявлено высокое содержание никеля, превышающее установленные для этого металла предельно допустимые концентрации в среднем в 2-5 раз. Во многих образцах многолетних и однолетних трав содержание никеля достигало уровня, при котором скармливание их в чистом виде не рекомендуется. Высокая концентра-

Т а б л и ц а 6

Содержание никеля (мг на 1 кг сухой массы) в некоторых растениях, произрастающих вне опытного поля

Растение	Ni
Василек синий (<i>Centaurea cyanus</i> L.)	1,48
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.)	2,12
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i> L.)	0,60
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Hund. L.)	1,92
Лютик полевой (<i>Ranunculus repens</i> L.)	4,88
Мята полевая (<i>Mentha arvensis</i> L.)	7,40
Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.)	7,52
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg)	3,16

ция никеля также и в естественных травах позволяет сделать предположение о загрязнении опытного поля и прилегающих к нему территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арнон Д. Микроэлементы. М.: ИЛ, 1962, с. 9-49.— 2. Вернадский В. И. Химический состав живого вещества в связи с химическим составом земной коры. Петроград: Науч. хим.-техн. изд-во, 1922.— 3. Габович Р. Д., Припутина Л. С. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. Киев: Здоровье, 1987.— 4. Гутиева Н. М. Влияние тяжелых металлов на урожай и качество ячменя (вегетационно-полевой опыт).— Бюл. Почвен. ин-та им. В. В. Докучаева, 1985, вып. 37.— 5. Дубова Н. А., Едигарова И. А., Лапина И. А. Внутриклеточные органические вещества водорослей и их роль в снижении токсичности металлов в водной среде.— Экотоксикология и охрана природы. Рига: Зинатне, 1988.— 6. Евдокимова Г. А., Мозгова Н. П. Миграция тяжелых металлов из почвы в с.-х. культуры. Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. Матер. 2-й Всесоюз. конф. 28-30 дек. 1987. Ч. 1. М., 1988.— 7. Загрязнение воздуха и жизнь растения/ Под ред. М. Л. Трешоу. М.: Гидрометеиздат, 1988.— 8. Ивашов П. В. Биогеохимическая индикация оловянной минерализации. М.: Наука, 1987.— 9. Ильин В. В. Тяжелые металлы в системе почва — растение. Новосибирск: Наука, 1991.— 10. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989.— 11. Каплунова Е. П. Круговорот микроэлементов в системе почва — растение.— Докл. ВАСХНИЛ, 1986, № 10, с. 45.— 12. Киселева Е. В., Магина Л. Г. Влияние комбинированного воздействия никеля и соединений серы на развитие и урожай овса.— Тр. 8-й

научн. конф. молодых ученых ф-та почвоведения МГУ. М.: Изд-во МГУ, 1989, с. 65.— 13. Малахов А. Г., Грибовский Г. П., Голиков Л. М. Природные и техногенные никелевые провинции Урала.— В кн.: Микроэлементы в биологии и их применение в сельск. хоз-ве и медицине. Самарканд, 1990, с. 55.— 14. Оголева В. П., Чердакова Л. Н. Закономерности распределения никеля в растениях Вологодской области.— Агрохимия, 1981, № 12, с. 90-92.— 15. Оголева В. П., Чердакова Л. Н. Влияние никеля на биохимические процессы в люцерне.— Химия в сельск. хоз-ве, 1986, № 3, с. 58-60.— 16. Растения в экстремальных условиях минерального питания/Под ред. М. А. Школьник, Н. В. Алексеевой-Поповой. Л.: Наука, 1983.— 17. Синг О. П., Ракипов Н. Г. Изучение токсического действия кадмия, меди и никеля на яровую пшеницу.— В кн.: Интенсификация возделывания полевых культур и морфологические основы устойчивости растений. М.: Агропромиздат, 1987, с. 56.— 18. Степанов А. М. Концепция ПДК: за и против.— Биолог. науки, 1989, № 9, с. 61-68.— 19. Тихомиров Ф. А., Кузнецова Н. Н., Магина Л. Г. Действие никеля на растения на дерново-подзолистой почве.— Агрохимия, 1987, № 8, с. 74-80.— 20. Хрусталева М. А. Тяжелые металлы в ландшафтах Можайского водохранилища.— В кн.: Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: МГУ, 1980, с. 73-80.— 21. Шатилов И. С. Экология и полевой опыт.— В сб.: Современное развитие научных идей Д. Н. Прянишникова. М.: АН СССР. Всесоюз. общ-во почвоведов, 1991, с. 64-74.— 22. Adriano D. C. Trace elements in the terrestrial environment.— N.Y. et al. Springer-verland, 1986.— 23. Brown P. H., Welch R. M., Cary E. E., Checkai R. T.— J. Plant Nutr., 1987, vol. 10 (9-16), p. 2125.— 24. Brown P. H., Welch R. M., Cary E. E.— Plant Physiol., 1987, vol. 85, № 3, p. 801.— 25. Cataldo

- D. A., Mefadden K. M., Garland T. R., Wildung R. E.*— Plant Physiol., 1988, vol. 86, p. 734.— **26.** *Dixon N. S., Gassola C., Blakely R. L., Zerner B.*— J. Amer. Chem., 1975, vol. 97, p. 4131.— **27.** *Erkew D. L., Welch R. M., Cary E. E.*— Sci., 1983, vol. 222, p. 621.— **28.** *Escew D. L., Welch R. W., Norvel W. A.*— Plant Physiol., 1984, vol. 76, p. 691.— **29.** *Heale E., Ormrod D.*— Can. J. Bot., 1982, vol. 60, № 12, p. 2674.— **30.** *Hale J. C., Ormrod D. P., Laffey P. J., Allen O. B.*— Environmental Pollution (ser. a), 1985, vol. 39, p. 53.— **31.** *Hutchinson T. C.*— Nickel-Heavy Metal Pollution on plants, 1981, vol. I, p. 171.— **32.** Mineral Element Composition of Finnish Foods.— Acta Agriculture Scandinavic Suppl, 1980, vol. 22, p. 171.— **33.** *Luzzata A., Siragusa N.*— Ann. Ist. Sper. nutr. piante, 1985, vol. 13, p. 1-28.— **34.** *Ormrod D. P., Heale J. C., Allen O. B., Laffey P. J.*— Environmental Pollution, 1986, vol. 4, № 3, p. 277.— **35.** *Polter J.*— Sci. Total Environment., 1982, vol. 21, № 1, p. 41.— **36.** *Robertson A. I.*— New Phytologist, 1985, vol. 100, № 2, p. 173.— **37.** *Setia R. C., Kaila J., Malic C. R.*— Phytomorphology, 1988, vol. 38, № 1, p. 21.— **38.** *Welker D. L., Graham R. D., Madison J. T. et al.*— Plant Physiol., 1985, vol. 79, p. 474.— **39.** *Yli-Halla M., Palko J.*— J. Agr. Sci. in Finland, 1987, vol. 59, № 2, p. 73-78.

Статья поступила 16 декабря 1993 г.

SUMMARY

The data from different countries about accumulating nickel by agricultural plants, as well as the results of determining nickel concentration in winter wheat, barley, oats, potatoes, perennial and annual grasses grown in 1990 in field experiments carried out on «Mikhailovskoye» training farm in Moscow region are discussed in the paper. Concentration of nickel in all crops used in these experiments was very high.