



ФОСАГРО®

**Основные тяжелые
металлы и влияние
удобрений на их
содержание в почве и
продукции культур**

Центр компетенций
АО «Апатит»



Тяжелые металлы и здоровье человека

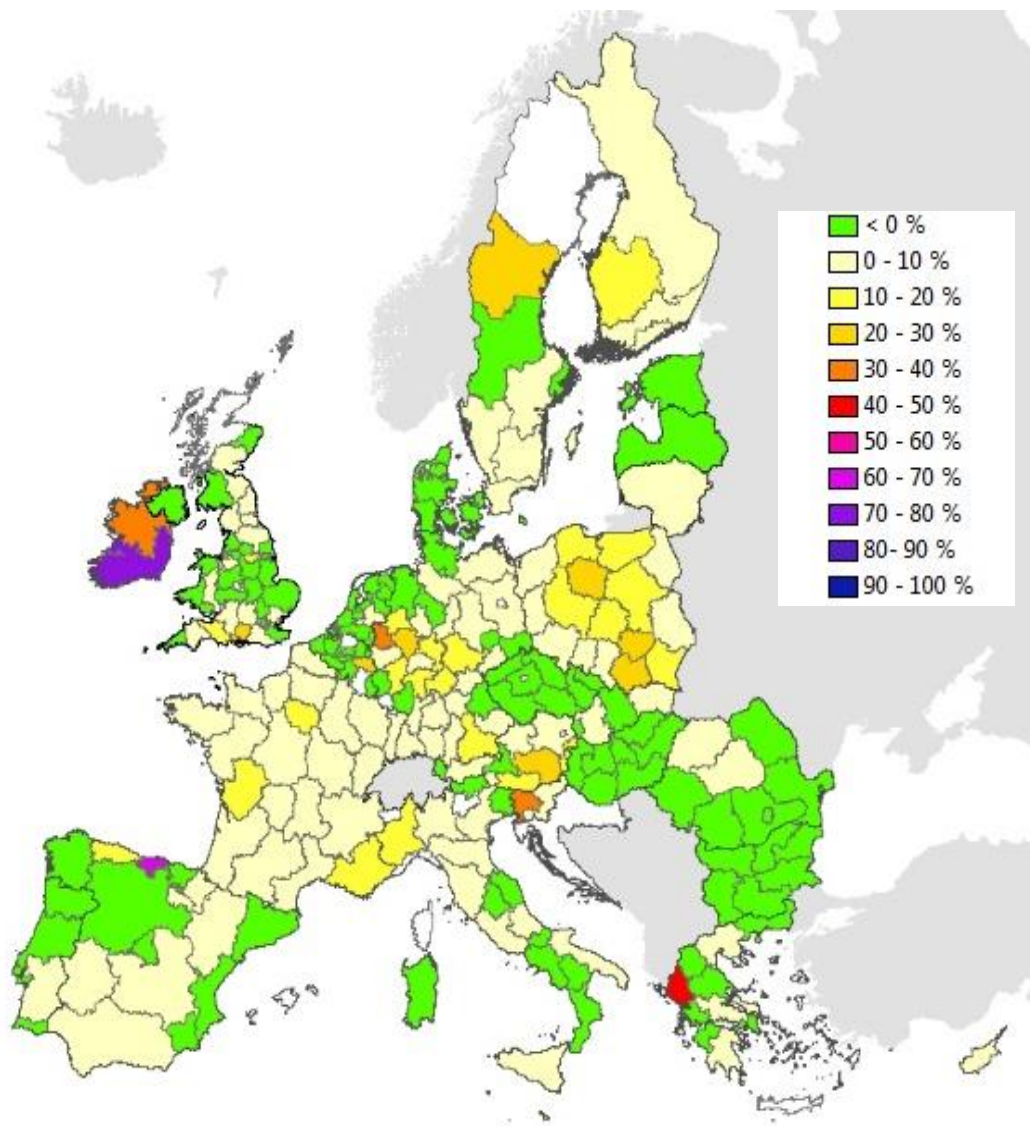
Из 92 встречающихся в природе элементов приблизительно 30 металлов и металлоидов являются потенциально токсичными для человека, а именно: Be, B, Li, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, As, Se, Sr, Mo, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Cs, Ba, W, Pt, Au, Hg, Pb, and Bi.

Тяжелые металлы – металлы с относительной атомной массой > 40,04 (т.е. выше, чем у Ca).

Наиболее распространенные и токсичные тяжелые металлы: **свинец (Pb), кадмий (Cd), ртуть (Hg) и мышьяк (As)**.

Токсичность любого поллютанта и, соответственно, вред здоровью зависят от его концентрации, однако **длительное воздействие** тяжелых металлов и металлоидов при относительно низких концентрациях может также иметь негативные последствия.

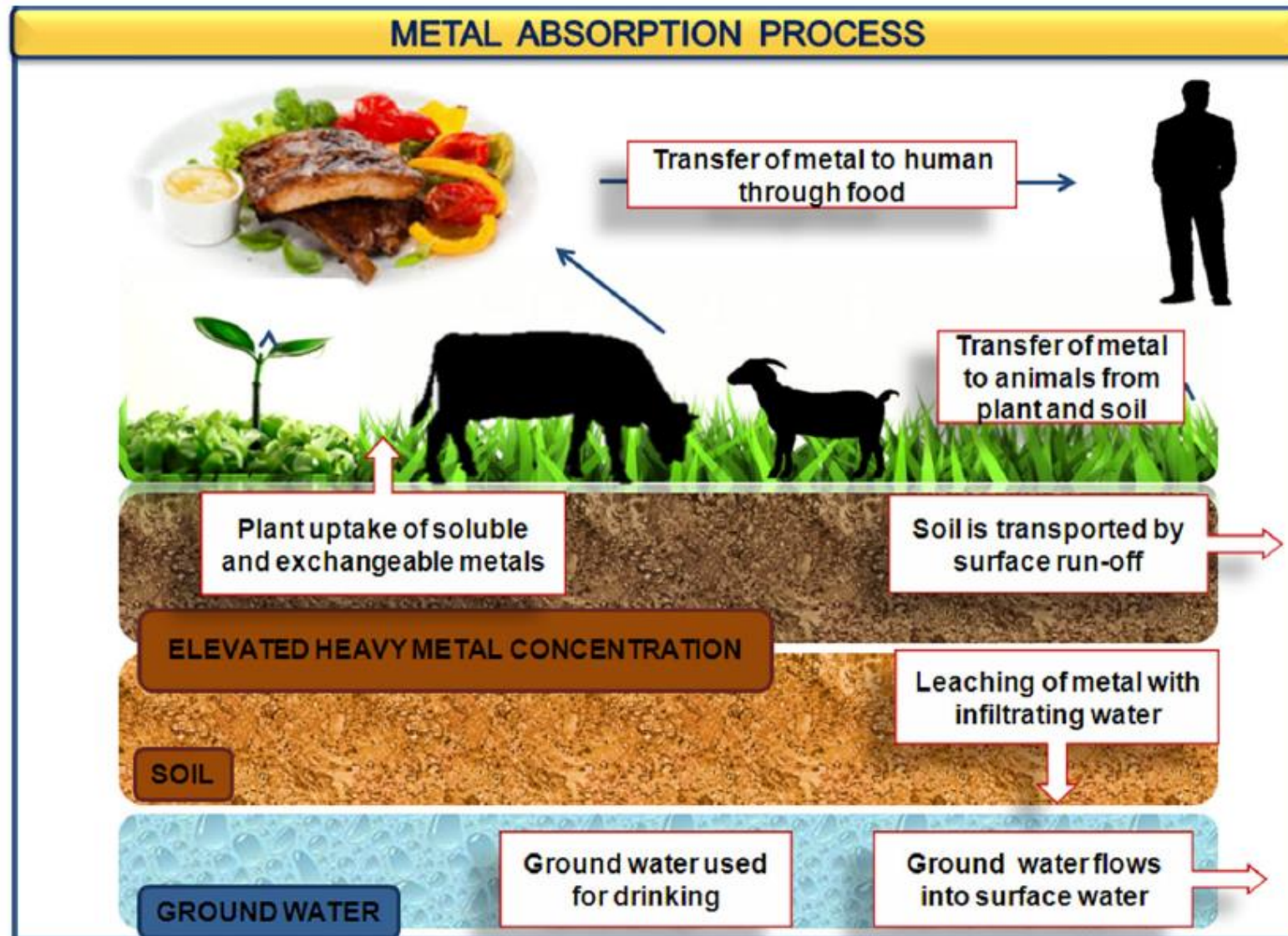
Процент образцов среди сельскохозяйственных почв ЕС с содержанием кислоторастворимых форм Cd > порогового уровня



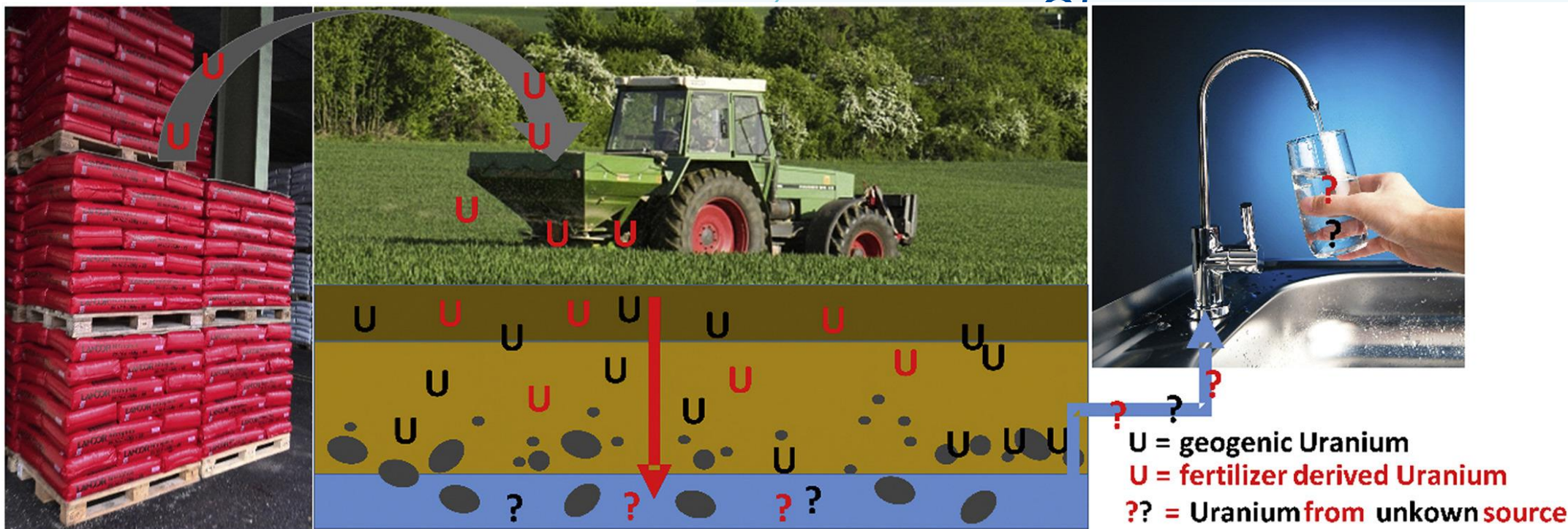
Пороговый уровень = 1 мг Cd/кг почвы.
Извлечение из почвы царской водкой ($\text{HCl} + \text{HNO}_3$) – («псевдоваловые» формы кадмия).

Результаты проекта LUCAS (Land Use/Cover Area frame Survey) указывают на необходимость принятия мер для предотвращения дальнейшего повышения содержания Cd в почвах многих регионов Европы.

Перенос тяжелых металлов из почв в растения и человеческий организм



Вымывание урана в грунтовые воды



Отмечается миграция урана, поступившего в почву с удобрениями, в грунтовые и поверхностные воды (в форме уранила UO_2^{2+}).

Уран из удобрений проникает в источники питьевой воды.

Эколого-геохимическая оценка фосфатного сырья и удобрений

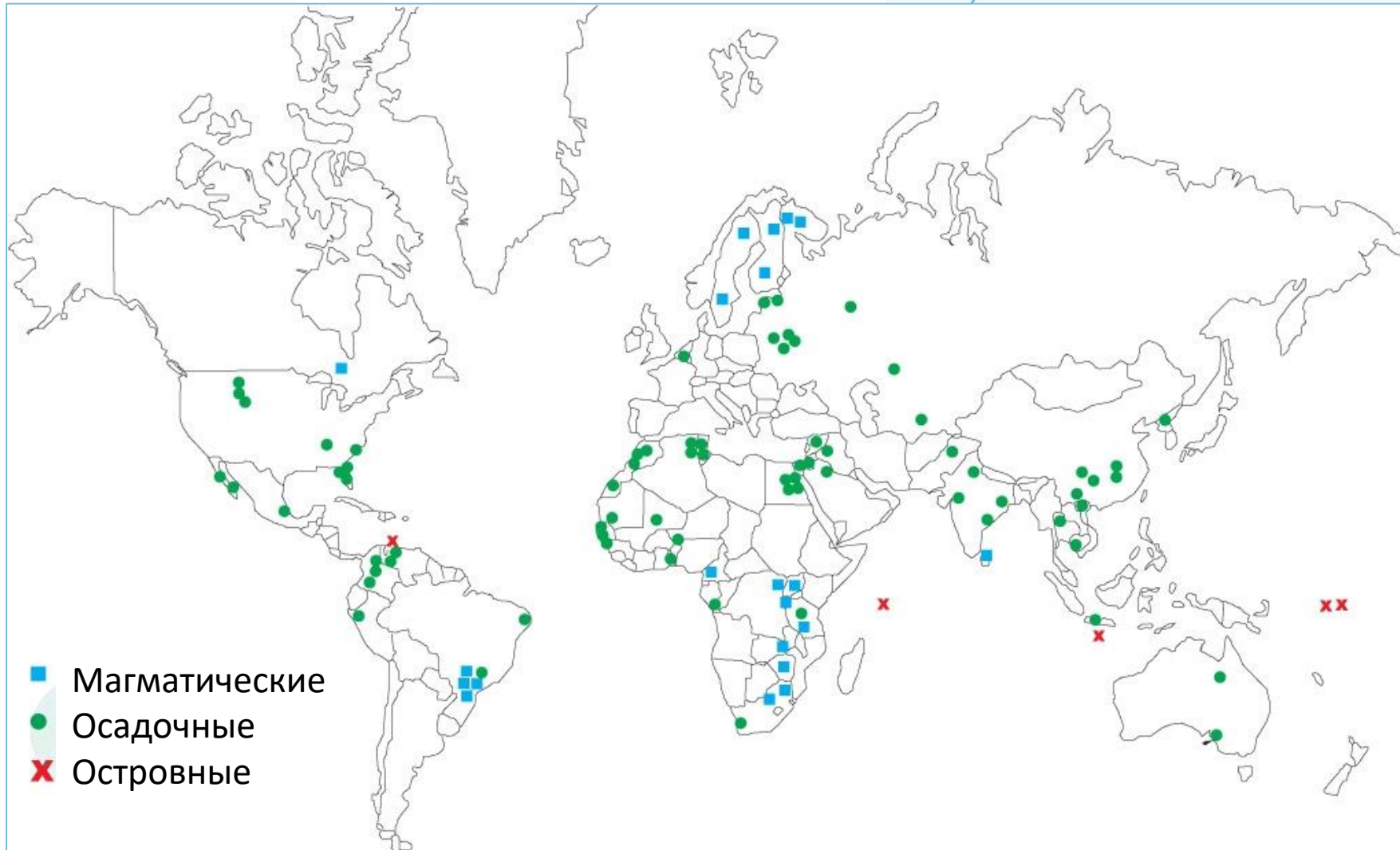


Фото: В. Белоусов и др., 2014

В получаемом в мире фосфатном сырье присутствуют и нежелательные элементы. Элементы, содержание которых необходимо контролировать, включают: кадмий (Cd), фтор (F), стронций (Sr), свинец (Pb), мышьяк (As), кобальт (Co), хром (Cr), ртуть (Hg), никель (Ni), ванадий (V); и радиоактивные торий (Th), уран (U), иттрий (Y).

Переходя в удобрения, эти элементы оказывают **комбинированный экологический эффект**.

Месторождения осадочного и магматического происхождения



Около 87 %
фосфатных
удобрений в мире
выпускаются из сырья
осадочного
происхождения.

Сырье осадочного
происхождения в
целом содержит
больше тяжелых
металлов, чем сырье
магматического
происхождения.

Содержание Cd в апатитовом концентрате в мире (мг/кг)

	Страна	Месторождение	Cd (среднее)	Диапазон
ОСАДОЧНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ	КИТАЙ	Kaiyang	<2	-
	ИЗРАИЛЬ	Zin	31	20-40
		Undifferentiated	24	20-28
		Arad	14	12-17
		Oron	5	-
	ИОРДАНИЯ	El-Hasa	5	3-12
	МАРОККО	Undifferentiated	26	10-45
		Bou Craa	38	32-43
		Khouribga	15	3-27
		Youssoufia	23	4-51
	СЕНЕГАЛ	Taiba	87	60-115
	СИРИЯ	Khneifiss	3	-
	ТОГО		58	48-67
	ТУНИС		40	30-56
США	Central Florida	9	3-20	
	North Florida	6	3-10	
	Idaho	92	40-150	
	North Carolina	38	20-51	
МАГМА-ТИЧЕСКОЕ	БРАЗИЛИЯ	Araxa	2	2-3
		Catalao	<2	-
	ЮЖНАЯ АФРИКА	Phalaborwa	1	1-2
	РОССИЯ	Кольский п-в	1	<1-2

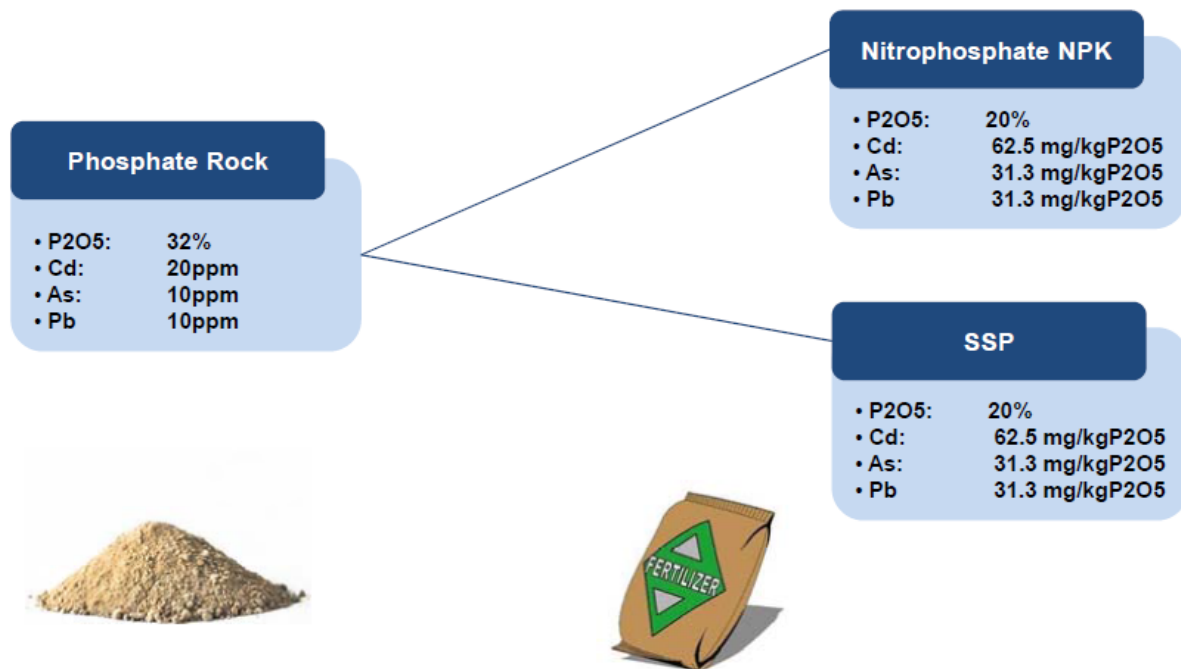


Фото: В. Белоусов и др., 2014

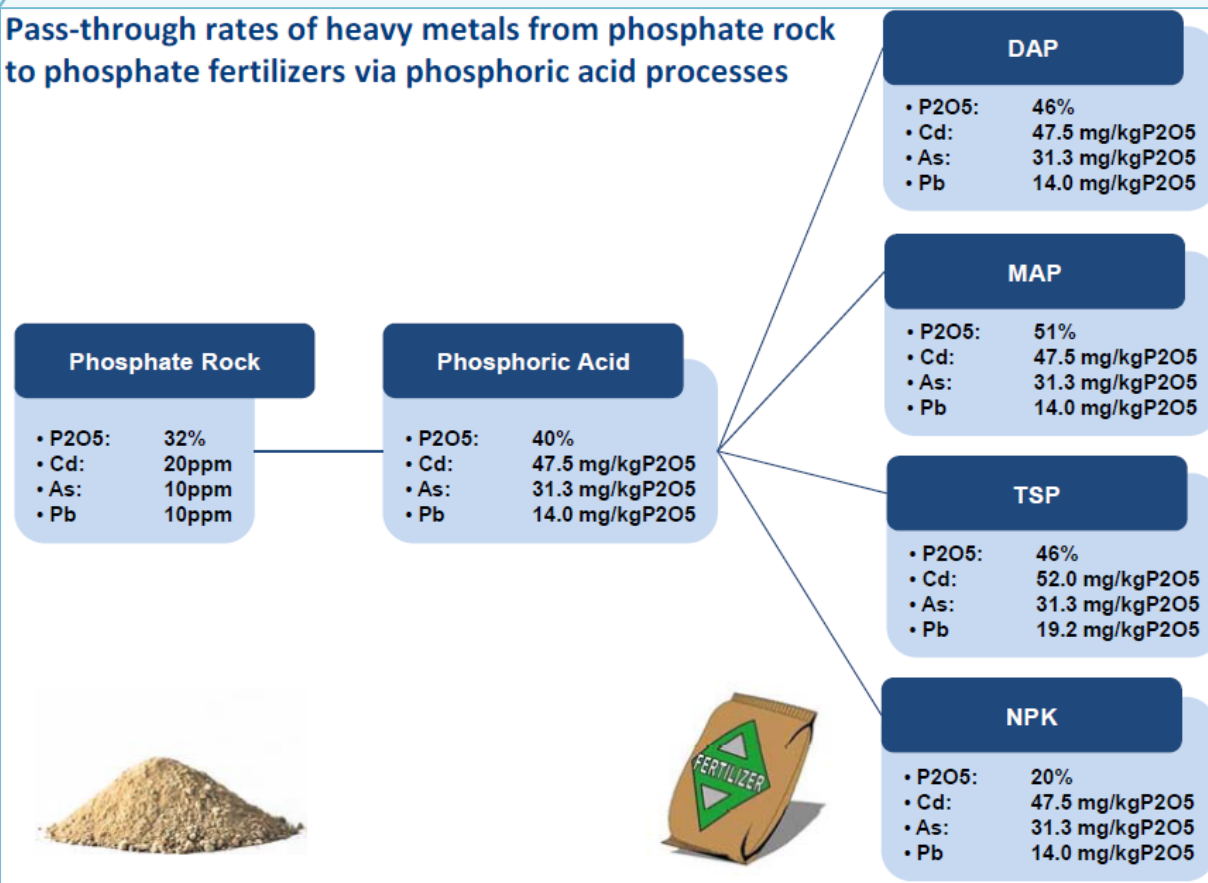
Фосфатная руда магматического происхождения, добываемая ФосАгро на Кольском полуострове, имеет низкое содержание Cd.

Переход тяжелых металлов из апатитового концентрата в удобрения

Pass-through rates of heavy metals from phosphate rock to Nitrophosphate NPKs and SSP



Pass-through rates of heavy metals from phosphate rock to phosphate fertilizers via phosphoric acid processes



При прямой переработке фосфатного сырья на простые и комплексные удобрения этап производства фосфорной кислоты отсутствует.

В этом случае 100 % тяжелых металлов (кадмий, мышьяк) переходят в удобрения.

Как пересчитать содержание Cd в удобрении на кгP₂O₅

Кадмий, мг Cd/кг удобрения	1
% P ₂ O ₅ в удобрении	46
Кадмий, мг Cd/кг P ₂ O ₅	$\frac{1 \times 100}{46} = 2,2$



Содержание тяжелых металлов в фосфатных удобрениях

Удобрение	Страна происхождения	Производитель	Кадмий, мг Cd/кг P ₂ O ₅	Мышьяк, мг As/кг удобрения	Хром (VI), мг Cr/кг удобрения
MAP	Россия	-	6,0	14,8	<0,10
	Россия	ФосАгро (Балаково)	<0,20	<2,00	<0,10
DAP	Литва	-	11,5	12,3	<0,50
	Россия	ФосАгро (Череповец)	<0,20	5,9	<0,10
	Марокко	-	60,9	44,6	<0,50
	Польша	-	28,3	12,7	0,5
NPК 15-15-15	Марокко	-	53,3	54,8	<0,50
NPК(S) 15-15-15(10)	Россия	ФосАгро (Череповец)	<0,20	<2,00	<0,10
NPК 16-16-16	Россия	-	<0,20	<2,00	<0,10
NPК 8-19-29	Беларусь	-	23,7	15,6	<0,10
NPК 6-25-25	Польша (Сенегал)	-	68,0	39,1	0,8
NPК 6-20-30	Польша (Сенегал)	-	60,0	32,6	1,2
NPК 10-26-26	Марокко	-	35,0	45,8	<0,10
NP 20-20		-	12,0	13,9	4,8
Пределы в ЕС			20-60	40	2
Пределы в России			20	20	2

ФосАгро выпускает экологически предпочтительные удобрения по классификации ЕС или минеральные удобрения с улучшенными экологическими характеристиками по классификации, принятой в РФ.

Максимально допустимое содержание Cd в растительной продукции в ЕС (с 28.02.2022)

Растительная продукция	Cd, мг/кг сырой массы
Плоды и ягоды	0,02 – 0,05
Овощи	0,02 – 0,20
Листовые овощи	0,10 – 0,20
Злаки	0,050 – 0,18

Оценка потребления Cd человеком: картофель в качестве примера

Допустимое потребление Cd для большинства населения ЕС (European Food Safety Authority), мг Cd/кг веса тела/неделя	0,0025
Допустимое потребление Cd исходя из веса тела в 70 кг, мг Cd/неделя	0,175
Максимально допустимое содержание Cd в очищенном картофеле, мг Cd/кг сырой массы	0,1
Безопасное количество очищенного картофеля с максимально допустимым уровнем Cd, кг/неделя	1,75

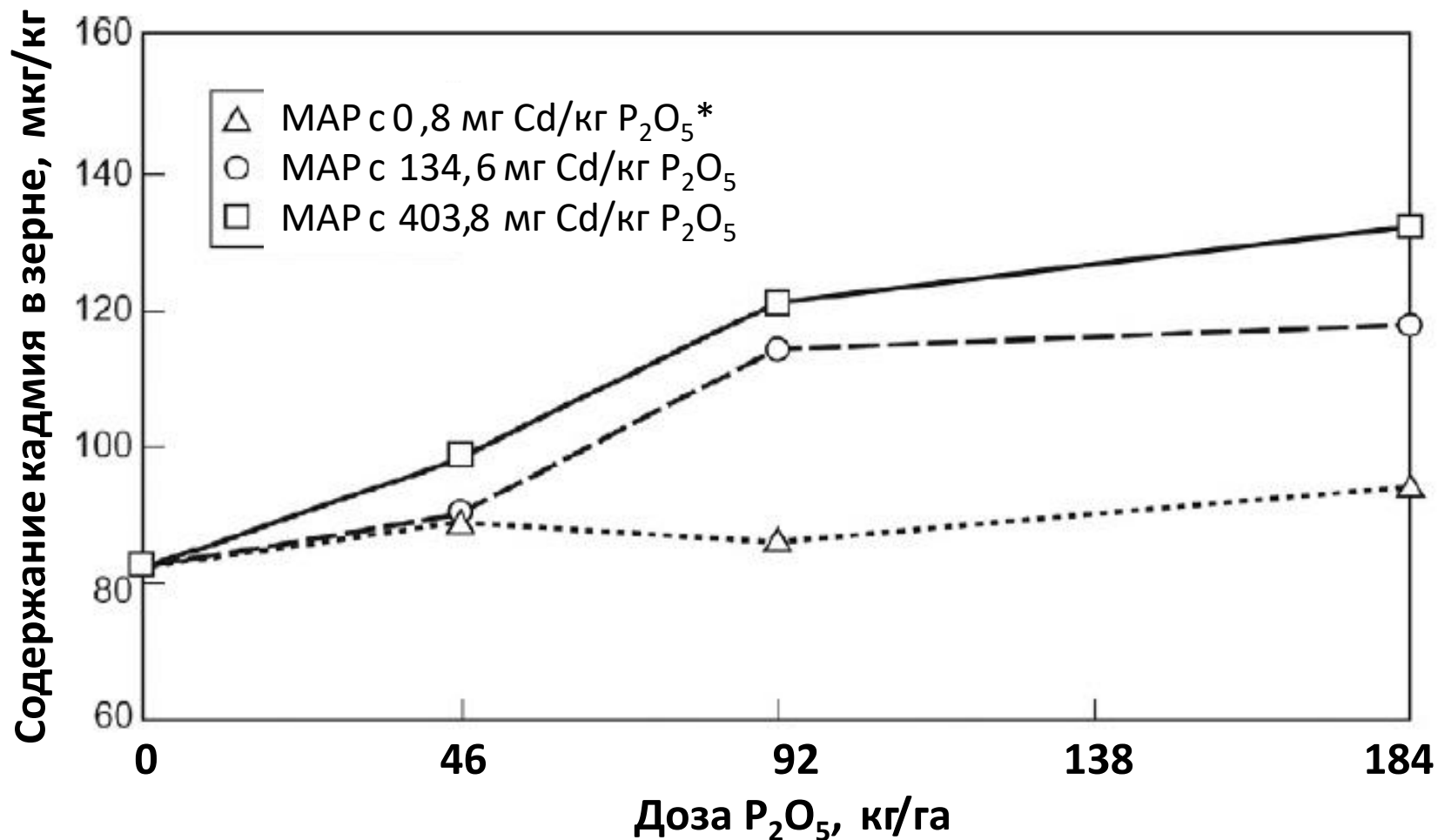


Влияние применения MAP с разным уровнем Cd на содержание Cd в зерне пшеницы в Канаде

7 лет внесения MAP

Среднее для 6-ти локаций в канадских прериях

* Концентрация кадмия в удобрениях указана исходя из содержания 52% P_2O_5



Содержание тяжелых металлов в зерне риса в Италии

Вариант опыта	Удобрение	Урожайность зерна, т/га (ср. за 3 года)	Содержание в зерне, мг/кг воздушно-сухой массы					
			Cd			As		
			2016	2017	2018	2016	2017	2018
Контроль	Без удобрений	4,65	0,080 ± 0,010	0,013 ± 0,001	0,270 ± 0,010	0,62 ± 0,07	0,29 ± 0,04	0,32 ± 0,02
N ₉₆ P ₇₀	АРАВИВА диаммоний-фосфат NP 18:46	6,18	0,060 ± 0,070	0,014 ± 0,010	0,270 ± 0,040	0,66 ± 0,08	0,28 ± 0,05	0,32 ± 0,01
	Карбамид							



Область Ломбардия (провинция Милан, коммуна Дзибидо-Сан-Джакомо).

Оглеенная сравнительно молодая почва с начальными признаками дифференциации почвенного профиля (Gleyic Cambisol)

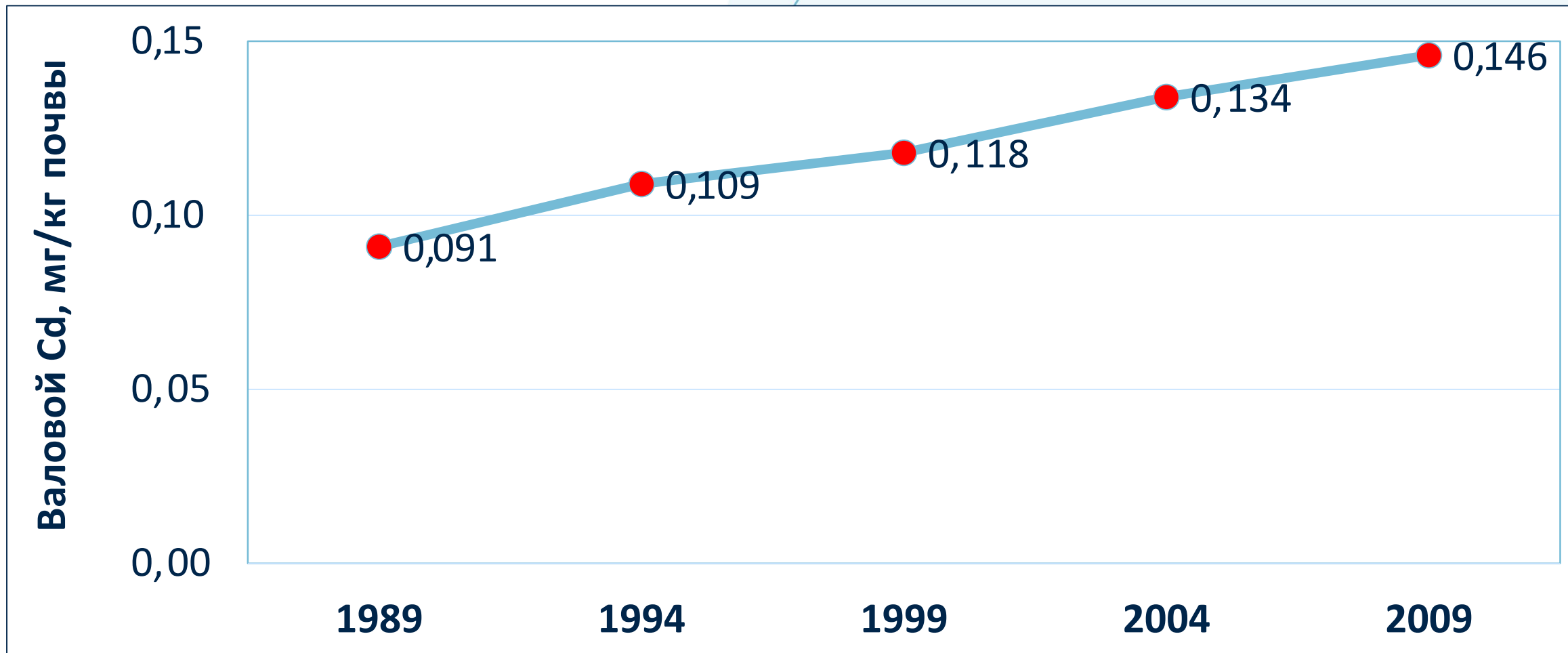
Содержание тяжелых металлов в капусте в Московской обл.

Вариант опыта	Удобрения	Доза, кг /га (физ. вес)	Товарная урожайность, т/га	Содержание в кочанах, мг/кг сырой массы	
				Cd	As
Контроль	Без удобрений	-	55,4	0,020	0,026
N ₁₂₇ P ₁₀₂ K ₆₉ S ₅	АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2)	230	70,1	< 0,020	0,025
	АРАЛИQUA ЖКУ NP 11:37	150			
	Карбамид	200			



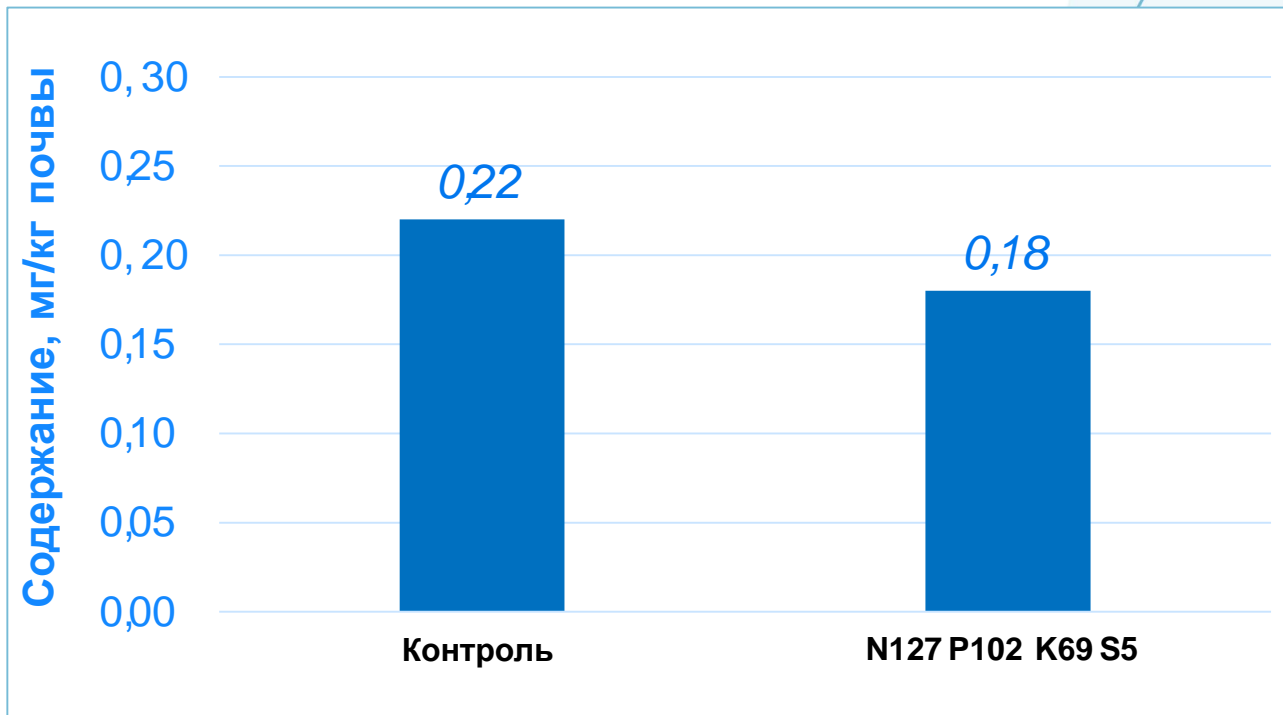
С чистыми фосфорсодержащими удобрениями получается экологически безопасная продукция.

Накопление Cd в почве при внесении NP-удобрений в течение 20-ти лет в Китае



Карбонатная аллювиальная почва (Calcaric Fluvisol), провинция Хэнань
NP: суперфосфат + карбамид

Содержание подвижного Cd в загрязненных почвах после уборки капусты в Московской обл.



Без удобрений

АРАВИВА NPK(S) 8:20:30(2)
АРАЛИКУА ЖКУ NP 11:37
Карбамид



Применение чистых фосфорсодержащих удобрений - единственная альтернатива для почв, загрязненных кадмием.

Баланс тяжелых металлов при выращивании озимой пшеницы в Краснодарском крае (2 ротации, 22 года)

Вариант опыта	Pb	Cd
	кг/га	
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	-0.05	0.00011
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	-0.07	0.00068
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	-0.07	-0.00038

БАЛАНС = ПОСТУПЛЕНИЕ - ВЫНОС

При использовании чистых фосфорсодержащих удобрений в высоких дозах может наблюдаться негативный баланс Cd из-за выноса Cd с высоким урожаем.

Влияние повышенного содержания Cd в почвах и кормах на его накопление в организмах животных в Ирландии



Ключевые параметры, влияющие на накопление Cd в почках: содержание Cd в почве, провинция и возраст животных.

При содержании в почве кислоторастворимого («псевдовалового») Cd, равном 1,5 мг/кг почвы, проработан возраст животных, исключая накопление Cd в почках более 1 мг/кг: **от 3 до > 5 лет.**

Спасибо за
внимание

