

5 ПОЧВЕННЫЕ ДАННЫЕ

5.1 Почвенные изыскания и отбор образцов почвы

Отбор образцов почвы с опытных полей программы WUFMAS проводился техниками при помощи почвенного бура с глубины 10 – 30 сантиметров в пяти точках каждого опытного поля, одна из которых расположена в центре поля, а остальные четыре – по углам, и эти точки нанесены на абрисе поля. С каждого поля отбиралось по одному смешанному образцу верхнего слоя почвы, которые готовились из пяти образцов, взятых в разных точках поля и затем, после упаковки и маркировки, все эти образцы отправлялись в Центральную Химическую Лабораторию в САНИИРИ в Ташкент для проведения химических и физических анализов.

Для поведения почвенных изысканий была создана и обучена специальная группа специалистов, которая с ноября 1996 года и в течение 1997 года отбирала образцы почвы. Во время полевых изысканий были сделаны описания почвенных профилей по всем полям, замерены показания пенетрометра для определения сопротивления почв давлению и полевым методом определён мехсостав почв. В центре каждого опытного поля WUFMAS были отрыты почвенные шурфы и в течение 1996 – 1997 года отобраны ненарушенные почвенные монолиты с глубины 25 и 70 сантиметров. Затем эти монолиты были доставлены в Центральную Лабораторию и использованы для измерения объёмного веса и водно-физических характеристик (на прессовом мембранном аппарате) и рассыпные образцы, дублирующие монолиты, были использованы для определения мехсостава и величин рН и ЕС.

5.2 Типы и количество анализов

В течение 1996 и 1997 годов было отобрано соответственно 360 и 182 образца почвы с нарушенной структурой и 463 почвенных монолита и они были использованы для проведения различных анализов, перечень которых приводится в Таблице 5.1.

Таблица 5.1 Типы и количество анализов

Анализы	1996	1997
На образцах с нарушенной структурой и смешанных		
рН и ЕС в водной суспензии 1:5 (ЕС _{1:5})	586	403
ЕС в насыщенной вытяжке (ЕС _е)	-	20
Обменные катионы (Ca, Mg, K, Na)	-	20
Ёмкость катионного обмена (СЕС)	-	10
Растворимые катионы (Ca, Mg, K, Na) в водной вытяжке 1:5	360	-
Растворимые анионы (НСО ₃ , Cl, SO ₄) в водной вытяжке 1:5	360	182*
Общий плотный остаток (TDS)	360	182
Обменный N и K, доступный P	360	182
Органический углерод C	360	-
Микроэлементы Cu, Mn	360	-
Texture (Kandinsky and USBR criteria)	226	221
На ненарушенных почвенных монолитах		
Объёмный вес	463	-
Порозность	463	-
Почвенная влага при величине рF = 2.0, 2.5, 3.0, 4.2	463	-

*только по хлоридам

Для проведения анализов были использованы местные методики за исключением тех анализов, которые проводились с помощью оборудования, предоставленного проектом WARMAP в качестве гранта. Реагенты и стеклянная лабораторная посуда были также поставлены проектом WARMAP после проведения местного тендера. Анализ образцов почвы, собранных в 1996 году были закончены в 1997 году и поэтому результаты этих анализов не могли быть включены в отчёт за 1996 год. Полный набор всех данных анализов имеется в компьютерной базе данных WUFMAS в среде MS Access, а в

настоящем отчёте приводятся только сводные данные в форме таблиц и более подробно в Приложении 2.

5.3 Описания почвенных профилей

Почвы региона являются очень молодыми почвами, а почвообразовательные процессы зависят от высотой их расположения над уровнем моря. Почвообразующие породы у большинства почв являются осадочными, которые образовались в результате выветривания смешанного типа, когда одинаково важное значение имеют и процессы эолового переноса, и деятельность водотоков, саёв, рек. Влияние эоловых процессов выражается в преобладании фракции пыли (по международной классификации) в большинстве почв региона. За исключением молодых аллювиальных конусов выноса и террас, почвы предгорий более однородны и представляют из себя либо скелетные почвы на подстилающих породах, которые образовались в результате коллювиальных процессов, либо они образованы мощными эоловыми отложениями. Почвы в среднем течении рек в основном сформированы в аллювиальных, эоловых и озёрных отложениях, а почвы дельтовых зон более разнообразны по механическому составу. Среднее число слоёв в метровой толще почвы описываемых почвенных профилей уменьшается по мере увеличения высоты их расположения над уровнем моря и обобщённые данные по числу слоёв почвы в почвенных профилях приведены в Таблице 5.2. Более подробная информация дана в Приложении 2, Таблица А2.1.

Таблица 5.2 Влияние высоты расположения над уровнем моря на число слоёв в метровой толще почвы

Высота над ср. уровнем моря (м)	Бассейн реки	Кол-во слоёв в метре толщи
873-954	Сырдарья	1.2
425	Амударья	1.3
257-280	Сырдарья	1.6
117	Сырдарья	1.8
90	Амударья	1.6
75-80	Амударья	2.1

5.4 Механический состав почв

Международные системы классификации почв по мехсоставу немного отличаются друг от друга, но все они последовательны в определении верхнего предела размера частиц почвы, относящихся к “илу”, который принят 0.002 мм. Этот предел был выбран по той причине, что он обозначает значительные изменения физических и химических свойств частиц почвы размером больше и меньше этого лимита. Классификация почвы по мехсоставу основана на двухмерных изменениях состава по фракциям, по содержанию частиц двух из трёх фракций - песка, пыли и ила. Содержание третьей фракции определяется как разница, которую нужно добавить, чтобы получилось 100 процентов и таким образом содержание третьей фракции является зависимой величиной от содержания первых двух фракций. Хотя основы науки о почве были заложены русскими учёными, и в частности Докучаевым, Качинский затем принял другие стандарты классификации по сравнению с международно-принятыми стандартами. В одномерной советской системе классификации почв по мехсоставу используется термин “физическая глина” (< 0.01 мм) и эта классификация основана на её содержании в процентах, как это показано в Таблице 5.3.

Таблица 5.3 Классификация почв по мехсоставу по системе Качинского

Класс почвы	Физическая глина (%)
Глина	>60
Тяжёлый суглинок	45-60
Средний суглинок	30-45
Лёгкий суглинок	20-30
Супесь	10-20
Песок	<10

По определению в местной классификации в "физическую глину" включаются все частицы почвы с размером менее 0.01мм. и в отдельные фракции выделяются: коллоиды (<0.0001мм), мелкий ил (0.0001 - 0.0005мм), крупный ил (0.0005 - 0.001мм), мелкая "пыль" (0.001 - 0.005мм), средняя "пыль" (0.005 - 0.01мм). В противоположность этой классификации, в системе USBR (Бюро Мелиорации США) пыль определяется как частицы с размерами от 0.002 до 0.05мм, поэтому частицы с размерами между 0.002 и 0.01мм, которые по системе Качинского классифицируются как "физическая глина", в системе USBR называются "пыль". В виду того, что большая часть частиц почвы Центральной Азии по размерам попадает в этот диапазон, это несоответствие, которое внёс Качинский в систему классификации нельзя рассматривать иначе как неудачное. Расхождение в основах определений размеров частиц почвы и использование двумерной основы для классификации, а не одномерной, делают почти невозможным сравнение классов почвы по мехсоставу в этих двух системах.

В лаборатории 447 образцов почвы было диспергировано и проанализировано с помощью седиментации. Обе методики проведения этого анализа, местная и международная, используют закон Стокса для увязки скорости выпадения частиц в осадок с их размерами, но время выпадения частиц в осадок по местной методике соответствует градации по мехсоставу, которая описана выше. После двойного логарифмического преобразования величины размеров частиц по весу наносились на графике против диаметра частиц, по которым интерполировались соответствующие фракции по системе USBR. Распределение в процентном отношении 447 проанализированных образцов почвы по содержанию в них частиц почвы по классификации USBR приводится в Таблице 5.4. В почвах региона преобладают фракции пыли и 62 процента от общего количества образцов почвы содержат более 50 процентов частиц, относящихся к фракции пыли. И только три процента от общего количества образцов почвы содержали более 50 процентов частиц ила, а 9 процентов образцов содержали более 50 процентов песка.

Таблица 5.4 Распределение почв на основе содержания фракций песка, пыли и ила (по системе USBR)

Диапазон в % по весу частиц	Процент образцов		
	Песок >0.05mm	Пыль 0.002-0.05mm	Ил <0.002mm
<10	21	1	10
10-20	24	4	42
20-30	24	4	31
30-40	15	11	10
40-50	6	19	4
50-60	4	30	1
>60	5	32	2
Total	100	100	100

Классификация образцов почвы по мехсоставу, основанная на системах Качинского и на текстурном треугольнике USBR более детально приводится в Приложении 2 (Таблицы A2.3 и A2.4), а в обобщённой форме эта классификация приведена в Таблице 5.5.

Таблица 5.5 Сравнение результатов классификации по мехсоставу 445 образцов почвы по системам USBR и Качинского

Система USBR			Система Качинского			Вероятный эквивалент в системе USBR
Группа	Класс	% образцов	Группа	Класс	% образцов	
Глины	C	3	Глины	HC	4	C
Пылеватые	Z	1	Всего глины	MC	3	ZC
	ZC	4		LC	9	ZCL
	ZCL	14				
	ZL	47				
Всего пылеватые		65	Суглинки	HL	20	ZCL
Суглинки	CL	4	Всего суглинки	ML	37	ZL
	L	19		LL	16	ZL
	SCL	1				
	SL	6				
Всего суглинки		31	Супесь	LS	7	ZL
Опесчаненные	LS	1	Все опесчаненные	CnS	2	SL
					10	

Примечание: C=ил, S=песок, L=суглинок, H=тяжёлый, M=средний, L=лёгкий, Cn=уплотнённый

Согласно местной классификации 73 процента образцов отнесено к группе *суглинки* с содержанием “физической глины” между 20 и 60 процентами. В противоположность, по системе классификации USBR 65 процентов образцов относится к группе *пылеватых* почв с содержанием по весу более 50 процентов частиц, относящихся к фракции пыли. В обследованных образцах наиболее часто встречаются почвы, относящиеся по системе USBR к классу **пылеватые суглинки (ZL)**, который эквивалентен наиболее часто встречающимся классам по местной классификации - *средние и лёгкие суглинки (ML, LL)* и *супеси (LS)*. Следующий наиболее часто встречающийся класс почвы по системе USBR это *пылевато-иловатый суглинок (ZCL)*, соответствующий в местной системе классу *тяжёлые суглинки (HL)* и *лёгкие глины (LC)*, а 19 процентов образцов по системе USBR попадают в класс *суглинки (L)*. Основные физические и химические свойства почвы (такие как низкая величина ёмкости катионного обмена (CEC), низкое содержание органического вещества, агрегатная структура почвы и т.д.) обусловлены высоким содержанием в почве фракций пыли.

В большинстве областей региона наблюдается преобладание следующих типов почвы по мехсоставу согласно системе классификации USBR – пылеватый суглинок (ZL), пылевато-иловатый суглинок (ZCL) и суглинок (L), как это показано в Таблице A2.7, Приложение 2. Опытные поля в хозяйствах Ошской области имеют самые разнообразные типы почв и большинство классов почв представлено в подпахотном слое на этих полях. Две области, расположенные в зоне Приаралья, также имеют более разнообразные почвы, причём почвы хозяйств Кзыл Ординской области имеют более тяжёлый мехсостав, а в хозяйствах Каракалпакстана почвы имеют более лёгкий мехсостав.

В Таблице A2.2 Приложения 2 показан процент опытных полей, имеющих одинаковый мехсостав в горизонтах почвы A и B, а изменения однородности почвы по мехсоставу в разрезе областей всего бассейна в обобщённом виде приведены в Таблице 5.6. В

соответствии со степенью слоистости, зафиксированной группой изыскателей, почвы хозяйств, расположенных в дельтах обеих рек (в Кызыл-Ординской области и в Каракалпакстане) наименее однородные из-за аллювиального и озёрного происхождения почв. Более разнообразны по мехсоставу почвы в хозяйствах Ошской области, расположенных на аллювиальных конусах выноса верхней части Ферганской долины и почвы хозяйств Марыйской области, которые также расположены на аллювиальных конусах выноса. Земли, расположенные в низинах долин, за исключением хозяйств, расположенных на землях нового орошения в Голодной степи, более однородны по мехсоставу, но не до такой степени, чтобы при расчёте графиков орошения не учитывать влияния слоистости почв по мехсоставу.

Таблица 5.6 Однородность почвенных профилей по мехсоставу по областям

Республика	Область	Процент полей с однородными по мехсоставу почвами на глубину до 1м
Казахстан	Кзыл-Ординская	35
	Чимкентская	75
Киргизстан	Ошская	33
	Бишкекская	75
Таджикистан	Ленинабадская	67
Туркменистан	Марыйская	40
Узбекистан	Сурхандарьинская	60
	Сырдарьинская (новая)	45
	Хорезмская	75
	Каракалпакия	45
	Сырдарьинская (старая)	60
	Бухарская	60

5.5 Объёмная масса

Средняя величина объёмной массы по областям на опытных полях изменяется в диапазоне от 1.34 до 1.52г/см³, в зависимости от мехсостава, с минимальными её величинами в диапазоне 1.1-1.3 и с максимальными величинами в диапазоне 1.42-1.74г/см³. Общая средняя величина объёмной массы почвы по 435 образцам почвы (из горизонтов 30 и 70см) с опытных полей составила 1.45г/см³, но с широким диапазоном от 1.10 до 1.74г/см³. Распределение образцов почвы в процентном отношении на основе их объёмной массы приводится в Таблице 5.7.

**Таблица 5.7
Распределение образцов почвы в зависимости от объёмной массы**

Диапазон объёмной массы (г/см ³)	Процент образцов
>1.6	13
1.5-1.6	23
1.4-1.5	27
<1.4	37

В основном имеет место небольшая разница по объёмной массе почвы из пахотного и подпахотного горизонтов (Приложение 2, Таблица А2.5). Исключения отмечаются в Кызыл-Ординской области, где объёмная масса почвы в подпахотном слое больше и в Каракалпакистане, где объёмная масса почвы выше в пахотном слое. Самая низкая величина объёмной массы пахотного слоя почвы 1.27г/см³ наблюдается в Кызыл-Ординской области. Величина объёмной массы почвы выше 1.5г/см³ наиболее часто

наблюдается в Туркменистане (в 80 – 89 процентах образцов), в Каракалпакистане (в 70 процентах образцов), в Сурхандарьинской области (в 54 – 63 процентах образцов) и в Хорезмской области (в 53 – 55 процентах образцов). В основном земли нижних течений рек, расположенные в зонах пустынь, имеют наиболее уплотнённые почвы.

После группировки образцов почвы по классам, проведённый статистический анализ подтвердил наличие зависимости между классами почв по мехсоставу и объёмной массой (Приложение 2, Таблица А2.4). Образцы почвы, сгруппированные по системе классификации USBR по мехсоставу, имеют высоко значимую разницу между средними величинами объёмной массы. Это показано в Таблице 5.8, где классы почвы расположены в убывающем порядке средней величины их объёмной массы. Наименьшая величина значимой разницы при обеспеченности 5 процентов ($P = 5\%$) составляет 0.05г/см^3 , поэтому классы почвы по мехсоставу, в буквенном обозначении значимости разницы которых нет одинаковых букв, имеют значимую разницу между собой по объёмной массе.

Таблица 5.8 Распределение объёмной массы почвы в зависимости от класса по мехсоставу

Класс почвы по мехсоставу	Ср вел объём массы (г/см ³)	Значимость разницы	Объём масса Мах (г/см ³)	Объём Масса Min (г/см ³)
SL опесчан суглинок	1.52	a	1.73	1.30
L суглинок	1.48	ab	1.74	1.23
ZCL пыл-иловат сугл	1.48	ab	1.71	1.10
ZL пылеват суглинок	1.44	bc	1.73	1.13
CL иловатый суглинок	1.42	cd	1.65	1.10
LS супесь	1.38	de	1.53	1.27
ZC пылеватая глина	1.37	def	1.65	1.11
SCL опес иловат сугл	1.36	ef	1.46	1.25
C глина	1.34	ef	1.49	1.15
Z пылеватые	1.32	f	1.42	1.27
S песок	Неизмеряемая		-	-
Общая средняя	1.45		1.74	1.10
<i>SE Mean</i>	0.02	Стандартная ошибка среднего		
<i>LSD (P=5%)</i>	0.05 ***	Наименьшая значимая разница		

5.6 Плотность почвы по пенетрометру

Полевые измерения сопротивления почвы давлению проводились с помощью кольцевого конусного пенетromетра с диапазоном возможных измерений от 0 до 3000кН/м^2 . Коэффициент вариации этой переменной величины очень высокий, как это показано в сводной таблице результатов статистического анализа этих данных (см. Таблицу А2.4, Приложение2), а максимальные и минимальные отсчёты по пенетromетру в пределах одного и того же хозяйства могут отличаться в 10 раз. Одной из причин такой разницы в отсчётах является тот факт, что сопротивление почвы давлению зависит от влажности почвы на момент проведения измерения. Изыскатели имели возможность произвести замеры в течение только одного единственного посещения каждого опытного поля и от них не зависело состояние почвы во время замера.

В Приложении 2, в Таблице А2.6 показана неоднородность почвенных профилей на примере распределения полей по трём классам в зависимости от отсчёта пенетromетра: “рыхлые почвы” - $< 500\text{кН/м}^2$, “умеренно уплотнённые почвы” - $500 -$

1500кН/м² и “уплотнённые почвы” - > 1500кН/м². Большая часть из обследованных почвенных профилей имела отсчёты пенетromетра в “умеренном” диапазоне, как это показано в Таблице 5.9. Наиболее непроницаемые почвы наблюдались в областях Узбекистана.

Таблица 5.9 Уплотнение почвы по республикам и областям

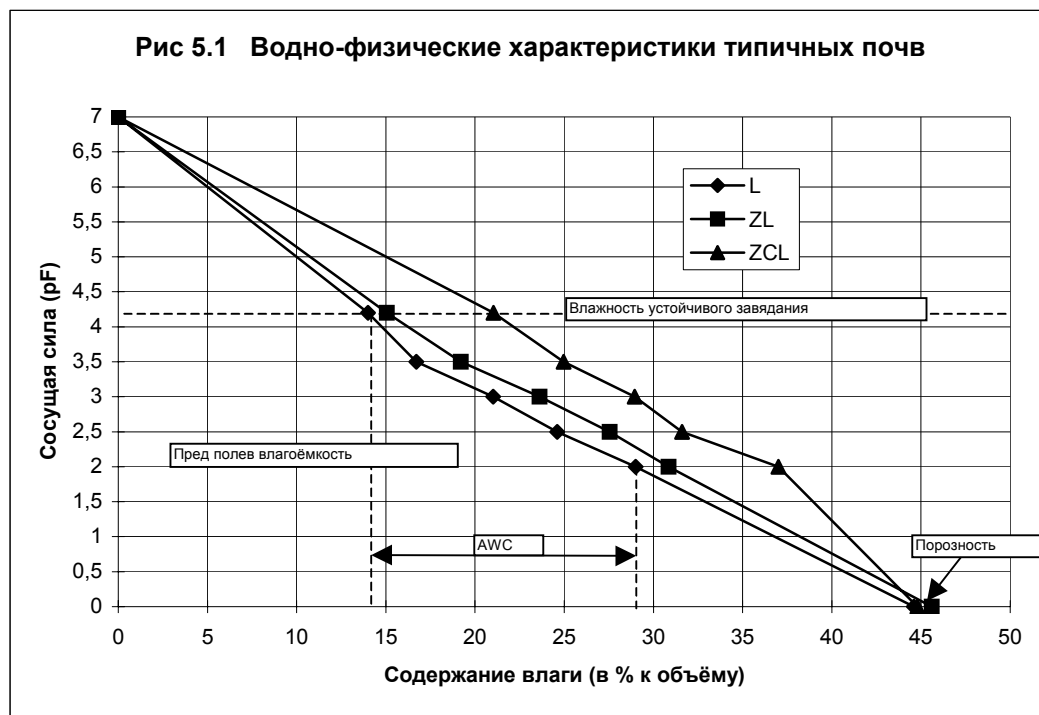
Республика	Область	Процент образцов по классам уплотнения		
		Умеренно уплотнённые 500-1500 кН/м ²		Уплотнённые >1500 кН/м ²
		Средний	Диапазон	Средний
Казахстан	Все области	80	60-100	20
Киргизстан	Все области	79	60-100	15
Таджикистан	Все области	67		0
Туркменистан	Все области	75	60-90	0
Узбекистан	Все области	57	30-90	36
	Бухарская			50
	Сурхандарьинская			45
	Хорезмская			40
	Каракалпакистан			35

5.7 Водно-физические характеристики

Водно-физические характеристики измерялись на ненарушенных образцах почвы, взятых из пахотного и подпахотного горизонтов с помощью прессового мембранного аппарата в лаборатории САНИИРИ. Содержание почвенной влаги измерялось весовым способом после достижения в образцах почвы стабильной сосущей силы почвы в диапазоне, эквивалентном величинам рF 2.0, 2.5, 3.5 и 4.2. Дополнительно во всех образцах определялась порозность и на графиках строились кривые рF. При некотором сглаживании кривых и с помощью интерполяции было получено содержание влаги в почве при величинах рF, равных 2.0 и 4.2, которые были взяты в качестве эквивалентов для содержания влаги при предельной полевой влагоёмкости и влажности устойчивого завядания соответственно (Рис. 5.1). Разница в содержании влаги в почве между этими двумя точками представляет из себя запас доступной почвенной влаги (AWC), т.е. ту величину, которая непосредственно используется при составлении графиков орошения и при выдачи рекомендаций на промывку почвы.

Обобщённые данные статистического анализа величин рF и порозности по образцам почвы, сгруппированным по мехсоставу согласно классификации USBR приводятся в Таблице А2.4 в Приложении 2. Коэффициенты вариации в пределах почвенных классов имеют умеренные величины, а по порозности и по запасу доступной почвенной влаги (AWC) величины коэффициента вариации имеют низкие величины. По каждой измеренной величине различия между почвенными классами высоко значимые. В обобщённом виде данные по статистическому анализу этих величин приводятся в Таблице 5.10. Водно-физические характеристики почв широко изменяются в зависимости от мехсостава почв. Это особенно явно видно по величине запаса доступной почвенной влаги в Таблице 5.11, где классы почвы размещены в убывающем порядке их средней величины запаса доступной почвенной влаги. Общая средняя величина запаса доступной почвенной влаги составляет 15.6 процента (156мм воды на один метр толщи почвы) с диапазоном измеренных величин от 26.3 до 5.4 процента. Этот чрезвычайно большой диапазон наблюдается только в почвенном классе пылевато-иловатые суглинки, что вызывает сомнения в точности проведённых измерений, но так как эти экстремумы компенсируют друг друга и поэтому такой разброс может мало повлиять на среднюю величину. Почвы различных по мехсоставу классов имеют высоко значимую разницу по средней величине запаса доступной почвенной влаги (AWC), как это обозначено различными буквами в зависимости от классов почвы в Таблице 5.11. Имеется пять групп почв по классам мехсостава,

которые отличаются между собой при обеспеченности 5 процентов. Диапазон предельных величин при обеспеченности 75 процентов для каждого класса почвы также приводится в Таблице 5.11, а в графической форме он приведён на Рис 5.2 для



иллюстрации нахлёстки диапазонов.

Только диапазоны классов почв пылевато-иловатые суглинки и супеси имеют чёткое разграничение при уровне обеспеченности в 75 процентов: диапазоны других классов почв в той или иной степени перехлёстываются. С точки зрения распространённости почвенных классов примерно 98 процентов обследованных полей имеют другие классы почвы. Безотносительно к классу почвы по мехсоставу имеется 75 процентная обеспеченность того, что почва на опытном поле в изучаемом хозяйстве будет иметь величину запаса доступной почвенной влаги в диапазоне от 14.7 до 16.6 процентов, при средней величине в 15.6 процента. Ясно, что этот диапазон не относится к почвам хозяйств, которые не являются опытными хозяйствами программы WUFMAS.

Таблица 5.10 Порозность и содержание влаги при различном её натяжении в зависимости класса почвы по мехсоставу

Класс почвы по мехсоставу в системе (USBR)	Содержание влаги в почве в процентах к объёму								
	Порозность			Предельная полевая влагоёмкость (pF2.0)			Влажность устойчивого завядания (pF 4.2)		
	Средн	Max.	Min.	Средн	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
C	49.7	56.7	44.1	35.5	47.0	26.0	20.9	32.2	11.7
CL	46.7	58.8	38.3	34.2	42.0	27.0	18.7	26.3	12.2
L	44.6	53.9	34.8	29.2	45.0	16.0	14.0	30.0	6.0
LS	48.2	52.4	42.5	16.0	20.0	14.0	5.7	7.0	5.0
SCL	49.1	53.3	45.4	37.0	46.0	24.0	18.0	23.3	11.0
SL	43.2	51.3	35.2	27.2	41.0	18.0	12.6	25.2	5.0
Z	50.4	52.4	46.8	31.5	45.0	12.0	15.6	28.3	3.9
ZC	48.6	58.4	38.1	39.2	48.0	25.0	22.2	29.4	13.0
ZCL	44.8	58.8	35.9	37.3	50.0	23.0	21.3	31.6	10.0
ZL	45.6	57.7	35.4	30.9	47.0	14.0	15.1	29.0	4.5
S	Неизмеряемая								
Overall	45.6	58.8	34.8	31.9	50.0	12.0	16.2	32.2	3.9
SE Mean	0.72			1.02			0.77		
LSD (P=5%)	2.0 ***			2.8 ***			2.1 ***		

Примечание: Обозначение классов почвы см. Таблицу 5.8.

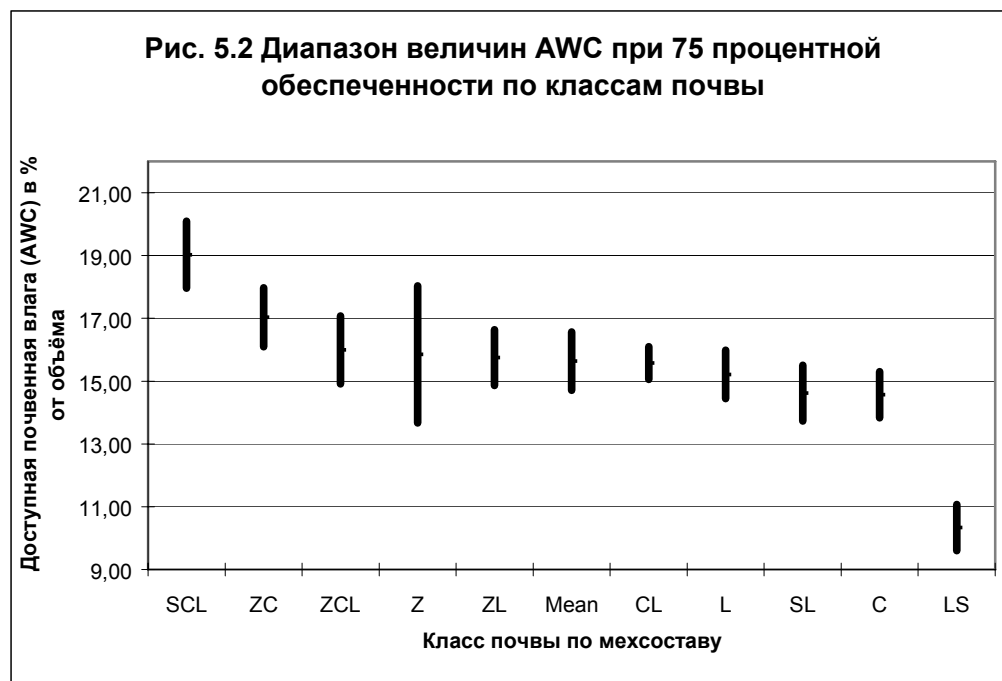


Таблица 5.11 Обобщённые данные статистического анализа величин запаса доступной почвенной влаги по классам почвы

Классы почвы по мехсоставу в системе (USBR)	% образцов в классе почвы	Значимость разницы	Величина доступной почвенной влаги (AWC в % от объёма)				Опубликованные величины		
			Сред	Min	Max	75% обеспеченность		Лит. 1	Лит. 2
						Нижний предел	Верхний предел		
SCL	1	a	19.0	13.0	22.7	18.0	20.1	14-17	
ZC	4	b	17.0	12.0	22.6	16.1	18.0	16	18-23
ZCL	14	c	16.0	5.4	26.3	14.9	17.1	17	
Z	1	c	15.9	8.1	24.6	13.7	18.0		
ZL	47	cd	15.7	9.1	26.1	14.9	16.6	19	
CL	4	cd	15.6	13.2	18.5	15.1	16.1	15	16-22
L	19	cd	15.2	10.0	21.0	14.4	16.0	17	14-20
C	3	d	14.6	10.8	18.5	13.8	15.3	14	20-25
SL	6	d	14.6	11.0	21.0	13.7	15.5	12-17	9-15
LS	1	e	10.3	9.0	13.0	9.6	11.1	8-14	
S			Неизмеряемая						6-10
Общая средн			15.6	5.4	26.3	14.7	16.6		
SE Mean			0.44						
LSD (P=5%)			1.21						
			**						
			*						

Справочная литература 1: Tropical Soil Manual, Ed. Landon J R, Longmans, 1991

Корреляционная матрица между водно-физическими характеристиками почвы приведена в Таблице А2.8, Приложение 2. Величины нескольких коэффициентов являются статистически значимыми и они в основном указывают на очевидную зависимость между содержанием влаги и различными величинами рН. По-видимому нет больших перспектив для расчёта величины доступной почвенной влаги (AWC) на основе просто измеренных почвенных параметров, а величина R² множественной регрессии между AWC и большинством параметров в корреляционной матрице составляла всего 6 процентов. Величина $r = 0.70$ для корреляции между величиной AWC и порозностью почвы вызывает интерес и заслуживает дальнейшего изучения. Некоторые коэффициенты корреляции, хотя и не значимые, имели достаточно большую величину для того, чтобы предположить возможность некоторой зависимости между величиной запаса доступной почвенной влаги (AWC) и засоленностью. Наличие значимой корреляции ещё не является доказательством неслучайного характера зависимости поскольку оба эти параметра могут зависеть от другого фактора, который возможно измерялся, а может быть и не измерялся.

5.8 Щёлочность почвы

Водный экстракт из почв региона обычно имеет примесь в виде растворимых щелочных солей высокой концентрации с величиной рН от 7.3 до 8.6. Величины рН больше 8.3 указывают на присутствие ионов HCO_3^- и возможно на проблемы с засолением земель. В Таблице 5.12 приводится распределение в процентном отношении средних величин рН в образцах почвы за 1996 и 1997 годы.

В общем, 99 процентов образцов почвы имели величину рН в слабо щелочном диапазоне от 7.0 до 8.0, но удивительно, что несколько образцов почв из Казахстана имели слабую кислотность после выращивания риса. Наиболее важным является то, что некоторое количество образцов почвы из Туркменистана имело высокую щёлочность. Это означает, что уже только в одной Марыйской области (где отбирались образцы почв на анализ) потенциально существует проблема со щёлочностью почвы.

Таблица 5.12 Распределение образцов почвы по классам величины рН и по республикам

Класс по рН	Диапазон рН	Казах-стан	Киргиз-стан	Таджи-кистан	Туркмени-стан	Узбеки-стан	Общая
Предельно выс	>8.5	0	0	0	0	0	0
Очень высокая	8.0-8.5	0	0	0	5	0	1
Высокая	7.0-8.0	98	0	100	95	100	99
Средняя	5.5-7.0	3	0	0	0	0	1
Низкая	<5.5	0	0	0	0	0	0
К-во образцов		40	0	2	20	100	162

5.9 Содержание органического вещества в почве

Содержание органического углерода в мелкозёме почвы измерялось при помощи дихроматного окисления. Полученные величины умножались на 1.72 и результаты брались за расчётное содержание органического вещества в почве. Не всё это вещество обязательно является гумусом, поскольку частички остатков растений в почве могут просеиваться через сито вместе с фракцией мелкозёма. В обобщённом виде эти данные приводятся в Таблице 5.13. Из 365 исследованных образцов, взятых из пахотного слоя почвы, около 40 процентов имели “низкое” содержание органического вещества, между 0.5 и 1.0 процента. Остальные образцы равномерно распределяются между классами “очень низкое” и “среднее” содержание

органического вещества, и только один образец имел содержание органического вещества более 2 процентов.

Таблица 5.13 Содержание органического вещества в почве

Класс почвы по содер ОБ	Диапазон по содер орг вещ %	Кол-во образцов	% от общего кол-ва
Очень низк	<0.5	111	30
Низкое	0.5-1.0	150	41
Среднее	1.0-2.0	103	28
Высокое	>2.0	1	0
Всего		365	100

5.10 Содержание питательных веществ для растений

С помощью набора Palintest были проведены анализы содержания экстрагируемых компонентов основных питательных веществ $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P и K в образцах почвы, взятых из пахотного слоя. Метод экстракции, разработанный для этого портативного полевого набора для проведения анализов, в некоторых случаях не соответствует стандартным лабораторным методам и поэтому международно-принятые величины для интерпретации результатов здесь не применимы.

Результаты экстракции двух форм минерального азота обобщаются в Таблице 5.14.

Таблица 5.14 Содержание минерального азота в почве

Класс почвы	Диапазон мг/кг	Экстрагируемый NO_3		Экстрагируемый NH_4	
		Кол-во образцов	% от общего кол-ва	Кол-во образцов	% от общего кол-ва
Очень выс	>50	0	0	11	2
Высокое	35-50	0	0	23	4
Ср высокое	25-35	0	0	78	15
Среднее	15-25	5	1	208	40
Низкое	5-15	185	36	195	38
V low	<5	326	63	1	0
Total		516	100	516	100

В катионной форме содержание минерального азота гораздо выше по сравнению с содержанием азота в анионной форме. Большая часть почвенных образцов по содержанию $\text{NO}_3\text{-N}$ можно отнести к классу с очень низким его содержанием, для сравнения - большая часть образцов по содержанию $\text{NH}_4\text{-N}$ относится к классу от среднего до низкого его содержания.

Фосфор из почвы извлекается с помощью стандартного метода Олсена, и следовательно для определения статуса почвы по содержанию фосфора можно пользоваться международными пороговыми значениями при разбивке на классы. Результаты такой разбивки приводятся в Таблице 5.15.

Таблица 5.15 Доступный фосфор P в почве (По методу Олсена)

Класс почвы	мг/кг (ppm)	Кол-во образцов	% от общего числа образцов
Высокое	>14	171	33
Среднее	7-14	277	54
Низкое	<7	68	13
		516	100

Примечание: ppm (parts per million) - частей на миллион

Образцы почвы более или менее равномерно распределились по всему диапазону классов от почв с низким содержанием доступного фосфора Р до почв с высоким его содержанием.

Положение с содержанием калия в почве более сложное из-за сравнительного большого количества засоленных образцов почвы, содержащих большое количество калия, поступившего в почву из грунтовых вод. Экстракция калия из почвы проводилась с помощью методики Palintest, которая использует ацетат магния для извлечения обменного и растворимого калия. Дополнительный набор образцов почвы был использован для определения содержания растворимых в воде солей, поэтому вычитая содержание растворимого калия из количества извлекаемого калия даёт нам величину содержания обменного калия. Результаты этих анализов обобщаются в Таблице 5.16.

Таблица 5.16 Содержание Калия в почве

Класс Почвы	Диапазон мЭ/100г	Извлекаемый К		Обменный К	
		Кол-во образцов	% от общ кол-ва	Кол-во образцов	% от общ кол-ва
Высокое	>0.5	419	81	44	49
Адекватное	0.3-0.5	94	18	22	25
Предельное	0.15-0.3	2	0	9	10
Дефицит	<0.15	1	0	14	16
		516	100	89	100

Если интерпретационные критерии использовать для классификации содержания калия в почве по величине содержания извлекаемого калия, то тогда большую часть образцов почвы можно отнести к классу с высоким содержанием К. После внесения поправки на содержание водно-растворимого калия, который был бы вымыт из почвы, если бы удалось избежать поступление его в почву из грунтовых вод, то тогда картина содержания обменного калия была бы другой. В этом дополнительном наборе образцов (уровень засоленности которых был выше среднего) примерно 26 процентов образцов можно отнести к классу с дефицитом содержания и с предельным содержанием.

5.11 Растворимые соли в почвенных образцах

В Таблице 5.17 в обобщённом виде приведены данные по общему среднему ионному составу растворимых солей в водных экстрактах из образцов почвы, а в Таблице 5.18 в обобщённом виде приводится распределение образцов почвы по классам в процентном отношении в зависимости от содержания в них растворимых солей. Аналитические данные были проверены по равенству между общим плотным остатком и гравиметрической суммой катионов и анионов и сравнением с суммарным эквивалентным весом катионов и анионов. У значительного количества образцов сравнимость по результатам этих тестов была не более 90 процентов и результаты их анализов не были включены в сводную таблицу. Это говорит о том, что методы, используемые в лаборатории, нуждаются в пересмотре для их улучшения и, по крайней мере, для получения объяснения полученного несоответствия. Частично из-за недостатка средств на проведение анализов, но в основном из-за низких уровней содержания растворимых солей в большинстве образцов почвы, уровни содержания обменных катионов и анионов не были определены в большинстве образцов, но их величины могли бы отразить ионный состав растворимых солей.

Безусловно, наличие гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в почвенном профиле влияет на состав растворимых солей в почвах бассейна, несмотря даже на то, что их растворимость в воде при средних температурах в почве не очень велика. Сорок пять процентов образцов содержали более 6мЭ/100г почвы Ca^{++} , что эквивалентно содержанию 22 т/га гипса в пахотном слое, а 70 процентов образцов содержали более половины этого

количества. В большом количестве почвенных профилей проявились очаги кристаллического гипса и значительная часть орошаемых земель имела явно выраженные гипсовые горизонты в почвенных профилях. Соотношение между ионами кальция и магния, в основном, было благоприятным и только у 27 процентов образцов оно был более трёх.

Таблица 5.17 Общий средний ионный состав растворимых солей почвенных образцов

Катионы	Концентрация		Анионы	Концентрация	
	мэ/100г	%		мэ/100г	%
Ca ⁺⁺	6.04	48	SO ₄ ⁻	10.92	87
Mg ⁺⁺	3.06	24	Cl ⁻	1.46	12
Na ⁺	3.19	25	HCO ₃ ⁻	0.24	2
K ⁺	0.30	2			
Сумма	12.59	100	Сумма	12.62	100

Горькая соль (эпсомит – MgSO₄) является следующей наиболее распространённой солью, за которой следует соль Na₂SO₄ с хлоридами и бикарбонатами калия и натрия, имеющими второстепенное значение. Семьдесят процентов образцов почвы содержат более 1.3 мэ/100г почвы катионов Mg⁺⁺, что эквивалентно более 3.8 т/га горькой соли в пахотном слое почвы. Так как осмотическое давление, создаваемое солью MgSO₄ больше чем у соли CaSO₄, по-видимому в большинстве случаев снижение урожайности культур зачастую является следствием наличия этой соли в почве.

Таблица 5.18 Сводная таблица распределения образцов почвы по классам в процентном отношении в зависимости от содержания в них растворимых солей

Класс	Диапазон	К-во образцов	Процент
Растворимый натрий в мэ/100г почвы			
Высокое	>10	3	3
Среднее	5-10	13	15
Низкое	<5	73	82
		89	100
Растворимый калий в мэ/100г почвы			
Высокое	>0.6	7	8
Среднее	0.2-0.6	39	44
Низкое	<0.2	43	48
		89	100
Растворимый кальций в мэ/100г почвы			
Высокое	>6	40	45
Среднее	3-6	22	25
Низкое	<3	27	30
		89	100
Растворимый магний в мэ/100г почвы			
Высокое	>4	23	26
Среднее	0.5-4	56	63
Низкое	<0.5	10	11
		89	100
Натрий в процентах от суммы катионов			
Высокое	>40	29	33
Среднее	15-40	34	38
Низкое	<15	26	29
		89	100
Соотношение растворимого Са к Mg			
Высокое	>5	6	7
Среднее	3-5	18	20
Низкое	<3	65	73

Класс	Диапазон	К-во образцов	Процент
Соотношение растворимый Na/растворимый К			
Высокое	>30	16	18
Среднее	20-30	19	21
Низкое	<10	54	61
		89	100
Растворимые бикарбонаты в мэ/100г почвы			
Высокое	>0.4	3	3
Среднее	0.2-0.5	22	25
Низкое	<0.2	64	72
		89	100
Растворимые хлориды в мэ/100г почвы			
Высокое	>3	7	8
Среднее	1-3	37	42
Низкое	<1	45	51
		89	100
Растворимый сульфаты в мэ/100г почвы			
Высокое	>10	47	53
Среднее	5-10	20	22
Низкое	<5	22	25
		89	100
Соотношение растворимый SO₄/растворимый Cl			
Высокое	>10	39	44
Среднее	1-10	48	54
Низкое	<1	2	2
		89	100
Сумма растворимых катионов в мэ/100г почвы			
Высокое	25-40	2	2
Среднее	5-25	73	82
Низкое	<5	14	16

		89	100
--	--	----	-----

		89	100
--	--	----	-----

Растворы только трети образцов содержали натрия более 40 процентов от общей концентрации катионов и только в одном проценте образцов его содержание доходило до 70 процентов. На этом основании можно ожидать, что солонцовые почвы являются редкостью в бассейне. Измеренные величины концентрации бикарбонатов в основном низкие, что указывает на то, что содержание карбонатов главным образом определяет величину pH почвы. Высокие величины pH в образцах почвы не соответствуют высокой концентрации бикарбонатов в них, что наводит на мысль о наличии в базе данных некорректных величин. По существу, не имеется очевидных доказательств существования серьёзной щёлочности почв. Несмотря на то, что карбонат кальция свойственен скелету почв региона, растворимые соли карбонатов не представлены в сколь-нибудь значительных количествах.

Десять процентов образцов почвы содержали более 2 мэ/100г почвы растворимых анионов Cl^- , за исключением одного образца, все эти образцы были взяты на землях, расположенных в среднем и нижнем течении реки Амударьи. Однако, такая концентрация хлоридов не является высокой на фоне соотношений сульфатов и хлоридов, которые в основном также являются высокими. Только два процента образцов почвы имели величину концентрации сульфатов меньшую по сравнению с концентрацией хлоридов, а в 44 процентах образцов их концентрация была выше более чем в 10 раз.

5.12 Ёмкость катионного обмена

В условиях, когда большинство почв содержит растворимые соли, измерение содержания обменных катионов и ёмкости катионного обмена является трудоёмким и до некоторой степени бессмысленным. Для детального анализа было отобрано двадцать образцов почвы с полей хозяйств им Гафур Гуляма (Сырдарьинская область) и Шортанбай (Каракалпакистан), а данные этого анализа приведены в Таблице А2.10, Приложение 2. Ёмкость катионного обмена изменялась в диапазоне от 8.3 до 15.0 мэ/100г почвы, что является довольно низкой величиной.

Содержание глины в исследованных образцах было низким (в диапазоне от 8 до 27 процентов), а содержание органического углерода примерно от 0.2 до 0.5 процента также является очень низким. Приблизительно ёмкость катионного обмена фракции глины вычислялась, исходя из предположения, что 1 миллиграмм-эквивалент на 100г почвы содержит органическое вещество (ёмкость катионного обмена органического вещества равна 200 мэ/100г) вместе с фракциями пыли и песка. Средняя величина ёмкости катионного обмена для почв хозяйства Гафур Гуляма была 93 мэ/100г глинистой фракции и в хозяйстве Шортанбай она составляла 80 мэ/100г глинистой фракции при величине pH соответственно 8.2 и 7.9. Очевидно, что частицы глины имеют строение кристаллической решётки 2:1, чего и можно ожидать при таких высоких величинах pH, с более высокой долей частиц минерала вермикулита по сравнению с частицами монтмориллонита, что характерно для почв Голодной степи за счёт более высокой величины pH. Величины ёмкости катионного обмена изменялись в значительных пределах по полям, понижаясь до 39 мэ/100г глины в одном образце почвы из хозяйства Шортанбай, указывая на значительное содержание глины из частиц минерала иллит.

Насыщенность почвы основаниями в этих почвах с высокой величиной pH составляла 100 процентов, при этом в 85 процентах образцов почвы содержание катионов Mg^{++} превышало содержание катионов Ca^{++} . Почвы всех опытных полей в хозяйстве Шортанбай и почвы половины полей в хозяйстве Гафур Гуляма являются солонцеватыми почвами, с соотношением натрия в поглощающем комплексе почвы

более 15 процентов. Это является странным ввиду преобладания гипса в почвах, но может быть объяснено разрушением и плохой работой полевых дрен. По опыту работ в хозяйстве Гафур Гуляма известно, что когда дренажи работают нормально, промывки быстро снижают солонцеватость почвы. В дальнейшем рекомендуется продолжить работы по этой тематике.

5.13 Засолённость почвы

Местная классификация почв по засолённости основывается на процентном содержании солей по весу в водных экстрактах почвы и на концентрации хлоридов. Международная классификация засолённости почвы основывается на величине электрической проводимости насыщенной вытяжки из почвы (ЕСе), потому что электропроводность более точно отражает величину осмотического давления почвенного раствора на корни растения. Получить насыщенные вытяжки из образцов почвы не представлялось возможным поскольку лаборатория САНИИРИ не имеет вакуумного насоса, поэтому электропроводность (ЕС_{1:5}) измерялась в водной суспензии почвы в соотношении 1:5 (вес/объём). Исходя из коэффициента разбавления, используемого в этом объёмно-весовом методе и по объёмной массе почвы, коэффициент перехода от величины ЕС_{1:5} к величине ЕСе должен быть порядка 10. Это подтверждается также уравнением из справочника *Agricultural Compendium, Elsevier, 1989*:

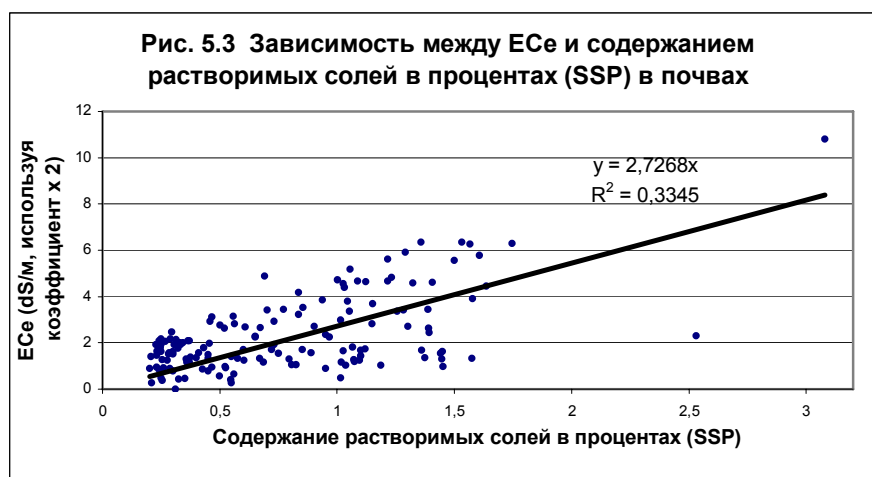
$$ECe = 500/SP \times EC_{1:5}$$

(где SP - это процент насыщения), в противоположность широко используемому коэффициенту 6.4, который основывается на объёмно-объёмном методе (справочник *Booker Tropical Soil Manual, Longman, 1991*). Однако, растворимость солей зависит от степени разбавления, а насыщенный раствор гипса, который преобладает в большинстве почв региона, имеет величину ЕС всего 2.2 дС/м при температуре 25 °С. Поэтому, когда в большинстве образцов почвы преобладают растворимые двухвалентные сульфатные соли, возникают проблемы

- при определении чёткой зависимости между процентным содержанием растворимых солей и ЕС
- соответствующей величины К, коэффициента перехода от ЕС_(1:5, объём/вес) к ЕСе.

5.13.1 Растворимые соли и электропроводность

График зависимости между содержанием растворимых солей в процентном отношении (оценка засолённости по местной методике) и величинами электропроводности приводится на Рис 5.3. Величина коэффициента корреляции 0.67 является высоко значимой, но разброс точек такой, что рассчитанный переводной коэффициент 2.7 не будет иметь смысла для значительного числа образцов.



Причиной разброса точек (исключая возможные лабораторные ошибки) является значительное, но в то же время имеющее переменную величину, содержание гипса в почвах, который способствует в пропорциональном отношении увеличению процента содержания растворимых солей больше, чем увеличению величины ЕСе. Зависимость может быть улучшена с помощью приёмов множественной регрессии с учётом химического состава каждого образца. Рекомендуется проведение дальнейших работ по этой тематике.

5.13.2 Коэффициент перехода от ЕС(1:5) к ЕСе

Для получения экстракта почвенного раствора из насыщенных почвенных паст использовался прессовый мембранный аппарат. Электропроводимость экстракта изменялась в зависимости от времени экстракции, поэтому было трудно установить её репрезентативную величину. В засоленных образцах почвы для основных классов почвы по мехсоставу ZCL, ZL и L были определены величины ЕС(1:5, объём/вес) и ЕСе и коэффициента К и в обобщённом виде эти данные приводятся в Таблице 5.19.

Таблица 5.19 Расчётная величина коэффициента К для перехода от ЕС_{1:5} к ЕСе

Тип почвы по мехсоставу	Диапазон величины К (ЕС _{1:5} /ЕСе)
ZL	1.1 – 3.2
ZCL	-
L	1.0 – 4.9

Изменяющаяся величина этого коэффициента делает перевод величины ЕС(1:5, объём/вес) в величину ЕСе ненадёжным. Если использовать величина этого коэффициента равная 2.0 к величине ЕС(1:5, объём/вес), то тогда результаты распределения образцов почвы по классу их засоленности будут выглядеть так, как это показано в Таблице 5.20.

Таблица 5.20 Распределение образцов почвы в 1996г по электропроводимости (процент образцов, используя коэффициент 2)

Класс почвы	ЕСе (dS/м)	Казахстан	Киргизстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан	Общая средняя
Очень высок	>16	0	0	0	0	0	0
Высокое	8-16	0	0	0	0	1	0
Умеренное	4-8	13	0	2	2	8	6
Слабое	2-4	26	0	6	8	15	12
Не засолен	<2	62	100	92	90	76	82
		100	100	100	100	100	100
К-во обрзц		39	58	50	50	169	366

Из этой таблицы видно, что только 6 процентов образцов почвы можно отнести к разряду "умеренно засоленных", а большинство образцов почвы можно отнести к разряду не засоленных. Такая классификация заметно различается с классификацией образцов почвы на основе местной методики классификации: общий плотный остаток, содержание хлоридов, натрия и общее содержание токсичных солей в водной вытяжке, и по всем этим критериям почвы относятся по классу засоленности, как более серьёзно засоленные. Наиболее серьёзно почвы были засолены в опытных хозяйствах Казахстана, затем Узбекистана, Туркменистана и Таджикистана. Почвы в хозяйствах Киргизстана не засолены.

Как описывается в Разделе 14, из результатов анализа дополнительного набора более засоленных образцов имеются свидетельства того, что величина переводного коэффициента может лежать где то по середине между 3 и 3.5. В этом случае 5

процентов образцов можно отнести к классу серьёзно засоленных, 9 процентов – умеренно засоленных и 29 процентов – слабо засоленных. Ранжирование этих величин по республикам не изменяется, но при этом 5 процентов образцов из Киргизстана попадают в разряд слабо засоленных.

Изменение засоленности образцов почвы в 1997 году по сравнению с 1996 годом не зависит от использованного коэффициента перевода. В 1997 году было получено меньшее количество образцов почвы для анализа и возможно, что все они были отобраны на участках с более засоленными почвами, чем образцы отобранные на анализ в 1996 году. Сравнение изменения засоления, сделанное по сравнимым результатам анализов дополнительного набора образцов почвы приводится в Таблице 5.21.

Таблица 5.21 Изменение величины ЕСе в 1997г по сравнению с 1996 в %

Номер хоз-ва	1996г месяц	1997г месяц	Измене- ние в (%)
1	Июнь	Сентябрь	9
2	Июнь	Сентябрь	-15
3	Июнь	Май	41
4	Май	Май	11
17	Май	Апрель	-28
18	Май	Май	77
21	Май	Март	132
22	Апрель	Май	45
23	Май	Март	85
24	Апрель	Март	176
25	Октябрь	Сентябрь	1
26	Ноябрь	Сентябрь	48
27	Апрель	Апрель	181
28	Апрель	Апрель	44
35	Июль	Май	-10
36	Май	Май	22
Общая средняя			51

Только в трёх хозяйствах на 10 опытных полях наблюдалось снижение средней величины засоленности почвы и это снижение в основном было небольшим. В других хозяйствах за этот же период засоленность земель увеличилась в общем среднем на 51 процента. Увеличение засоленности почвы было значительным в хозяйствах № 21, № 24 и № 27 в Узбекистане, намного больше чем в два раза.