

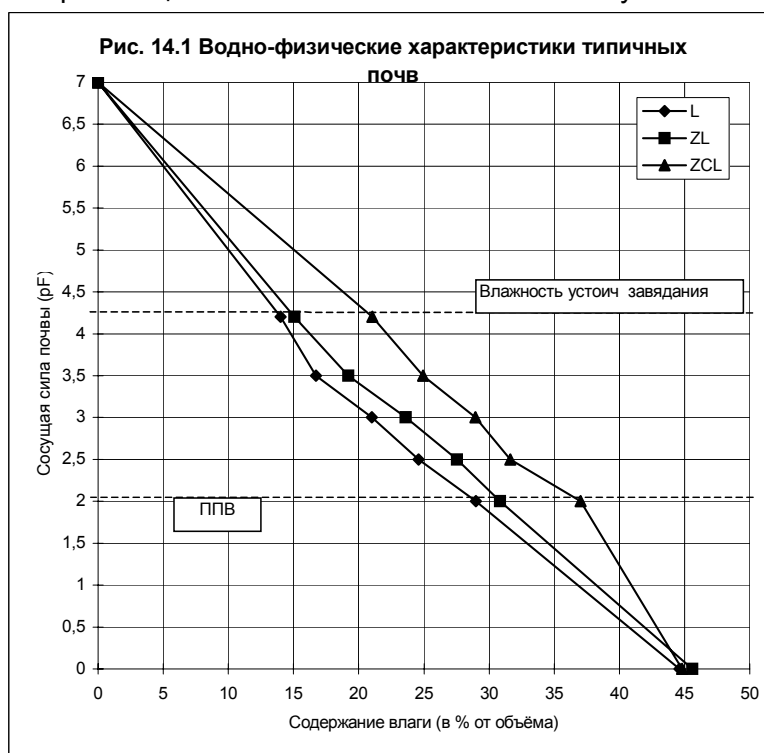
## 14 ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

Данные по этим вопросам представлены в Разделе 5.

### 14.1 Вычисление запаса доступной почвенной влаги

Международные и местные определения термина (*soil available moisture*) *доступная почвенная влага* совершенно различны, несмотря на общее понимание термина (*field capacity*) (*FC*) *предельная полевая влагоёмкость* (*ППВ*). По местной методологии содержание влаги в почве измеряется гравиметрическим способом, когда содержание влаги в почве определяется по разнице содержания влаги при предельной полевой влагоёмкости и в абсолютно-сухой почве (**oven dry**), и эта *весовая* разница, взятая в процентном отношении от веса абсолютно-сухой почвы и есть *доступная почвенная влага* (*AWC*). По международной методологии содержание влаги измеряется также сначала при номинальной предельной полевой влагоёмкости, а затем измеряется содержание влаги при *влажности устойчивого увядания* (*PWP*), и разница в *объеме* воды, как процент от объема сухой почвы, есть доступная почвенная влага.

Отток воды под действием гравитационных сил из песчаных почв происходит быстро, но из глинистой почвы отток происходит на протяжении длительного периода, и невозможно с какой-либо степенью точности определить точку, когда содержание влаги в почве будет соответствовать предельной полевой влагоёмкости (*FC*). Растения имеют разную устойчивость к водному стрессу, поэтому точка влажности устойчивого завядания (*PWP*) для ксерофитов соответствует более низкому содержанию влаги, чем для большинства растений. По этим причинам содержание влаги в почве при предельной полевой влагоёмкости (*ППВ*) и при влажности устойчивого завядания по международной системе определяется в виде удельной натяжённости почвенной влаги, то есть по величине *pF* (показатель сосущей силы почвы), которая для этих двух точек равна 2.0 и 4.2 соответственно, и которая измеряется мембранным прессовым аппаратом. Кривые, соответствующие трём наиболее часто встречающимся классам почв по мехсоставу показаны на Рис. 14.1.



Эти кривые *pF* построены по средним величинам для образцов почвы, проанализированным в рамках программы WUFMAS, и которые были сгруппированы

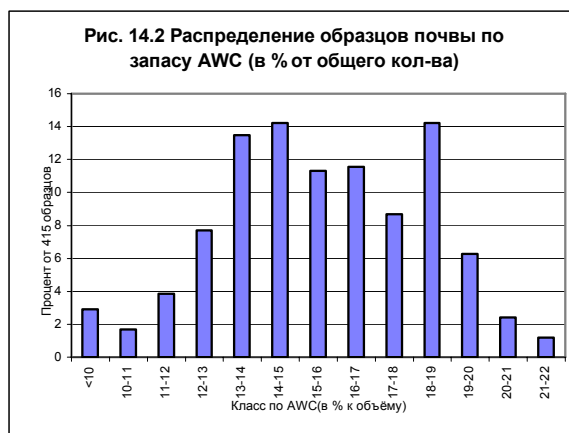
по мехсоставу согласно международной системы классификации почвы (USBR - Бюро мелиорации США), а не по местной системе классификации. Запас доступной почвенной влаги AWC (available water capacity) - это разница содержания влаги в объемном выражении между влажностью при предельной полевой влагоёмкости и влажностью устойчивого завядания, и их средние величины для трех наиболее распространенных классов почв по мехсоставу сравниваются в Таблице 14.1 с величинами запаса доступной почвенной влаги по международным источникам.

**Таблица 14.1 Запас доступной почвенной влаги (в % от объёма)**

Класс почвы по мехсоставу	Местные средние величины	Международные величины (1)	
		Почвы зон умеренных климатов	Почвы зон тропических климатов
ZL	15.7	19	17
ZCL	16.0	17	15
L	15.2	17	16

(1) Источник: Справочник Booker Tropical Soils Manual, 1991

Измеренные по местной системе величины обычно несколько ниже международных средних величин, но все они находятся в пределах указываемых в справочной литературе диапазонов для каждого класса мехсостава почвы. Характер распределения всех проанализированных образцов почвы по запасу доступной почвенной влаги (AWC), как это показано на Рис. 14.2, весьма широк и находится главным образом в диапазоне от 13 до 20 процентов. Этот диапазон запаса доступной влаги при расчёте идеальных графиков орошения является источником значительной разницы между ними, поэтому тщательное определение AWC является необходимой частью процесса расчёта идеальных графиков орошения для каждого конкретного поля.



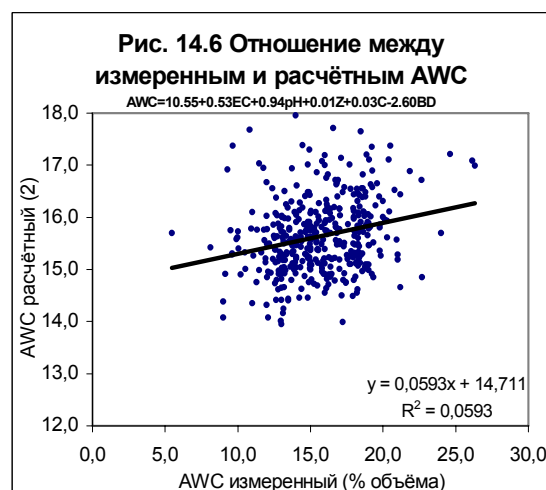
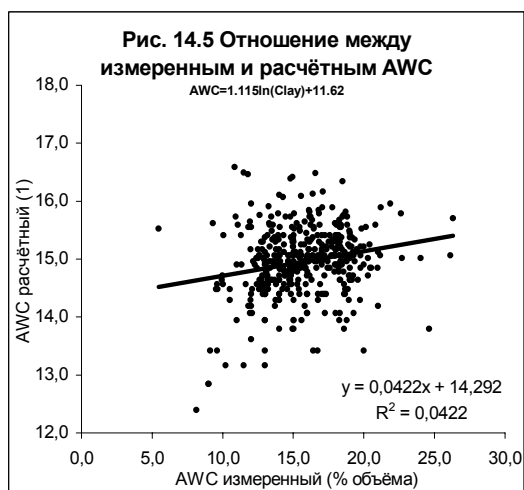
Отбор образцов почвы с ненарушенной структурой и перевозка их в центральную лабораторию, оснащённую прессовым мембранным аппаратом, делает процесс определения запаса доступной почвенной влаги дорогостоящим. Было бы очень полезно иметь возможность рассчитывать AWC с приемлемой точностью по характеристикам почвы, которые легче определить и которые в основном являются стандартными измерениями, проведенными ранее во время первоначальных почвенных изысканий. На основе почвенных данных, собранных по программе WUFMAS, был проделан мультивариационный анализ в поисках приемлемой модели для вычисления AWC.

Первая модель использует только процентное содержание глины (по классификации USBR) для расчета содержания влаги при полной полевой влагоёмкости и влажности устойчивого завядания, и разница в содержании влаги, которое определялось для

этих двух точек, обеспечивает простую модель для расчёта AWC. На Рис. 14.3 и 14.4 показаны зависимости между процентным содержанием глины и величиной рF (показатель сосущей силы почвы), равной 2.0 и 4.2 соответственно. С величинами  $\gamma^2$ , равными от 22 до 26 процентов, обе корреляции являются очень высоко значимыми. Разность между двумя уравнениями дает уравнение для вычисления AWC:

$$AWC = 1,115 \ln(\text{глина}) + 11,624$$

На Рис. 14.5 в виде точек и графика приводится зависимость между измеренными и рассчитанными по этой простой модели величинами запаса доступной почвенной влаги AWC. При величине  $\gamma^2$  равной всего только 4 процента корреляция незначима, и как таковая эта модель является бесполезной.



Самой исчерпывающей моделью соотношения между измеренным запасом AWC и разновидностями почвы по мехсоставу, которая была получена с помощью анализа множественной регрессии, основанной на корреляционной матрице, является зависимость:

$$AWC = 10,55 + 0,53 EC + 0,94pH + 0,01Silt + 0,03Глины - 2,60 \text{ Объемная масса}$$

На Рис. 14.6 в виде точек и графика приводится зависимость между измеренными и рассчитанными по этой модели величинами запаса доступной почвенной влаги AWC. Величина  $r^2$  этого уравнения равна всего только 6 процентам, означая, что она является незначимой что эта модель не более полезна, чем та простая модель.

В свете этих выводов и важности поиска эффективной модели для расчёта AWC, рекомендуется, чтобы работа по данному вопросу продолжалась и необходимо оказывать этой работе поддержку.

## 14.2 Уплотнённости почвы

В прошлом уплотнённости почвы при выращивании сельхозкультур не придавали особого значения, но по имеющимся свидетельствам она заслуживает большего внимания. Корни сельхозкультур должны расти вниз для того, чтобы увеличился их доступ к запасу доступной влаги и питательных веществ в почве, для покрытия потребностей сельскохозяйственных культур во время интервалов между поливами и внесениями минеральных удобрений. Если весь профиль почвы или его часть очень уплотнены, то корни не смогут проникать вглубь, рост растений ограничивается и урожай снижается. Объемная масса почвы является мерой её уплотненности и косвенной величиной сопротивления проникновению, которое могут испытывать корни сельхозкультур. Пенетrometer, используемый непосредственно в поле, даёт прямое измерение сопротивления проникновению в почву.

Согласно международному опыту, объемная масса больше чем 1.5 г/см<sup>3</sup> указывает на возможность возникновения проблем с проникновением корней вглубь для некоторых сельхозкультур, и соответственно больше чем одна треть обследованных земель в хозяйствах может иметь подобные проблемы. На основании местных данных в Таблице 14.2 показаны обобщённые потери урожая по отношению к потенциальному урожаю и в зависимости от объемной массы почвы в пахотном слое, вместе с распределения образцов **WUFMAS** по одинаковым классам в процентном отношении.

**Таблица 14.2 Влияние объёмной массы почвы на урожай культур**

Объёмная масса г/см <sup>3</sup>	Процент образцов	Потери урожая %
>1.6	13	70-75
1.5-1.6	23	40-55
1.4-1.5	27	15-20
<1.4	37	0
Средневзвешенная величина		<b>25</b>

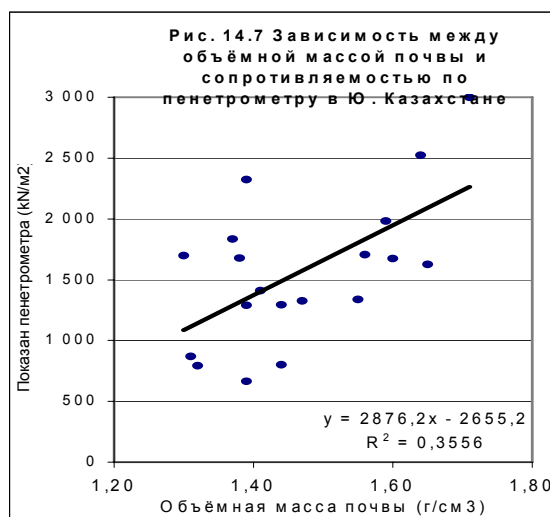
По оценкам влияние объемной массы почвы заключается в том, что в общем примерно 25 процентов от потенциального урожая культур теряется. Возникают вопросы, является или нет эта степень уплотненности почвы результатом деятельности человека, и до какой степени агротехнические приемы могут улучшить эту ситуацию.

Если бы такая степень уплотненности была вызвана использованием тяжелых сельскохозяйственных машин, особенно на влажных почвах, тогда можно было бы ожидать, что в результате ежегодной вспашки пахотный слой имел бы меньшее уплотнение. В Разделе 5 было продемонстрировано, что отмечалась небольшая логическая разница в объемной массе между пахотными и подпахотными слоями, за исключением почв приморской зоны. Это предполагает, что высокая уплотненность некоторых почв региона является их естественной особенностью, которую вряд ли можно было бы заметно улучшить путем агротехнических приемов. С другой стороны,

хорошо известно, что объемная масса почвы обратно пропорциональна содержанию органического вещества в почве, так что агротехнические приемы, направленные на повышение содержания органического вещества, возможно, уменьшат уплотненность почвы. Выбор сельскохозяйственных машин мог бы быть более осмотрительным, с предпочтением более легких машин с более широкими шинами и тогда для разрушения естественных почвенных агрегатов потребовалась бы меньше энергии. Операции на культурах могли бы проводиться более эффективно, с меньшим количеством проходов, и только когда почва достаточно суха. Практика минимальной обработки почвы механизмами и вообще без вспашки показала себя особенно успешной в центральной зоне Северной Америки, где почвы имеют сходное происхождение с почвами Бассейна Аральского моря.

### 14.3 Объемная масса и плотность

Отбор ненарушенных образцов почвы для измерения объемной массы отнимает много времени и для этого требуется лабораторное оборудование. В противоположность этому, кольцевой пенетромтр позволяет сразу получить измерение в поле. Статистический анализ всего набора данных показал, что ни в пахотном ни в подпахотном горизонтах не имеется какой-либо взаимосвязи между сопротивляемостью проникновению и содержанием фракций пыли и песка и объемным весом почвы. Это явление в пахотном слое можно объяснить рыхлением почвы в результате вспашки. Отсутствие связи между механическим составом и уплотненностью подпахотного слоя почвы предполагает, что другие почвообразовательные факторы влияют на степень уплотненности, так что уплотненность почвы нельзя прогнозировать только по результатам анализа мехсостава. Почвы грубого мехсостава с относительно высокой объемной массой, могут иметь небольшую сопротивляемость и уплотненность, а почвы с высоким содержанием гипса в сухом состоянии могут иметь высокое сопротивление проникновению, и тем не менее иметь малую объемную массу.



Однако, когда объемная масса почвы сравнивается с сопротивляемостью проникновению только по той части образцов, которые были взяты из почв сходного происхождения, то тогда корреляция намного улучшается. Это проиллюстрировано на Рисунке 14.7 для тех образцов почвы, которые были взяты в Чимкентской области Южного Казахстана.

Основная причина для включения в почвенные изыскания на опытных полях измерения величины сопротивления почвы пенетромтром заключается в том, что с помощью пенетромтра можно выявить наличие уплотненных горизонтов в почвенных профилях. Обследование почв по показаниям пенетромтра позволит отслеживать

масштабы проблем, связанных с уплотнённостью почвы и выявлять районы, где могут быть оправданы те или иные меры борьбы с этим явлением.

#### 14.4 Плужные подошвы

Уплотненные слои могут встречаться в почвенных профилях из-за образования плужных подошв, тяжелого механического состава почвы или уплотненного слоя гипса и карбонатов. Было выявлено четыре основных характера уплотнения почвы:

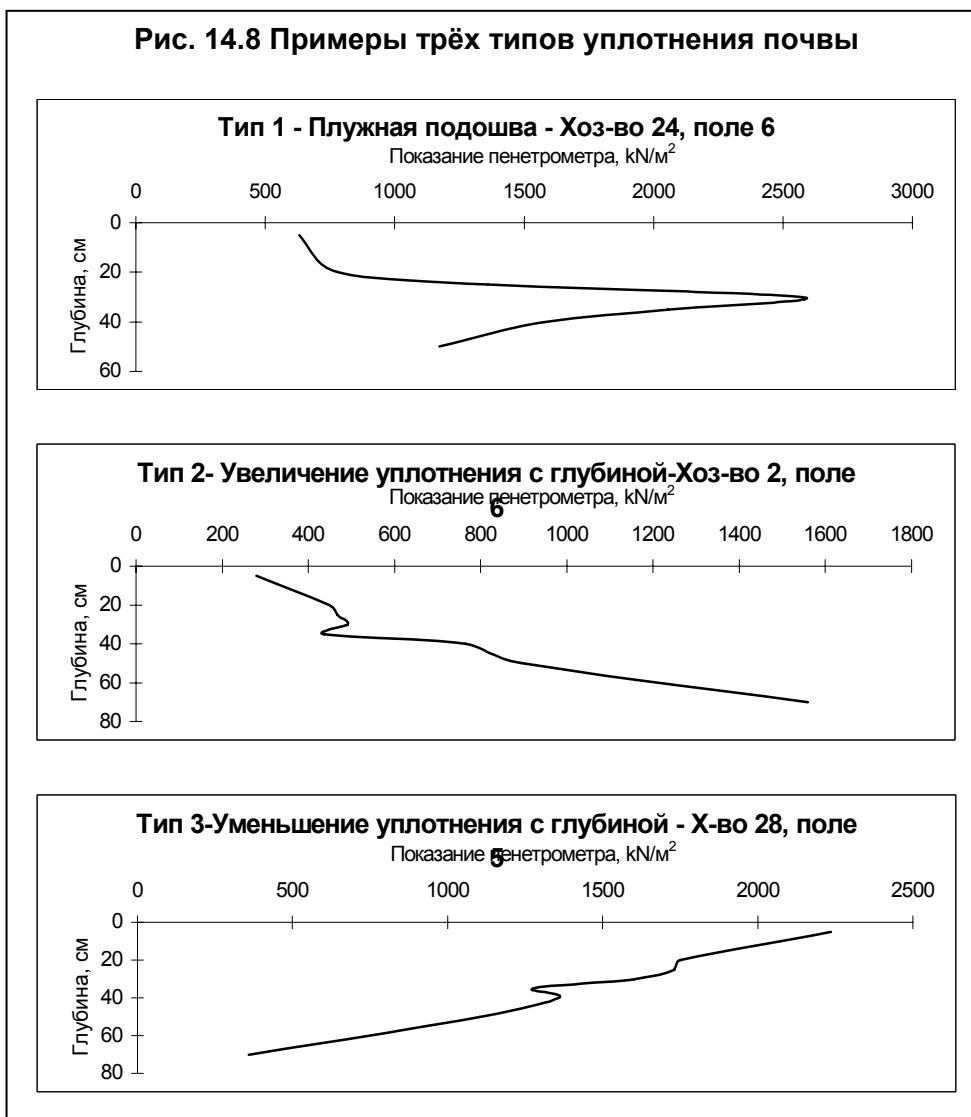
- Тип 1 – плужная подошва, уплотнение почвы на глубине 30-40 см, образовавшееся в результате хозяйственной деятельности
- Тип 2 – увеличение уплотнённости с глубиной, что зачастую указывает на присутствие гипсового или известково-кальциевого уплотнённного горизонта
- Тип 3 – уменьшение уплотнённости с глубиной
- Тип 4 – смешанный и переменный характер уплотнения, не соответствующий ни одному из трёх других.

Уплотнение почвы с 1 по 3 тип проиллюстрированы на Рис. 14.8, а более подробная информация по распространению типов уплотнения приведена в Таблице А2.13 в Приложении 2. Типы уплотнённости почвы 1 и 2, характерные примерно для 60 % от всех обследованных профилей, имеют почвы, которая более уплотнена в верхнем 50 см слое почвенного профиля и поэтому представляют большую опасность для нормального роста растений.

Плужные подошвы (уплотнение Тип 1) наиболее распространены в Чимкентской области Казахстана, где на 85 процентах полей имеется эта проблема, а в соседней зоне нового орошения Голодной степи в Узбекистане плужная подошва встречается на 60% полей. Также серьёзно затронуты этой проблемой опытные поля в Бухарской области (45% полей), в Ошской области Кыргызстана (55%) и в Марыйской области Туркменистана (55%). В общем плужные подошвы распространены в два раза больше по сравнению с тремя другими типами уплотнения и встречаются примерно на 41% опытных полей, причём более всего плужные подошвы встречаются в почвах предгорий и переходных зон. Эти уплотнённые слои образовались главным образом из-за многолетней сельскохозяйственной деятельности и ежегодной вспашки на одну и ту же глубину. Глубина распространения корней сельхозкультур серьёзно ограничивается плужной подошвой, как это видно по большим площадям хлопчатника с неглубокими распластанными корнями. В этих условиях в качестве возможной меры рекомендуется глубокое рыхление почвы или чизелевание. При обеспечении роста корней на большую глубину можно составлять идеальные графики орошения со значительно увеличенными интервалами между поливами и тем самым повысить плодородие почв.

Другие типы уплотнения распределяются в общем примерно равномерно. Уплотнение Тип 2 широко распространено везде, за исключением Чимкентской области, но при этом распространение этого типа уплотнения по опытным полям в любом хозяйстве нигде не превышает 50% полей. Уплотнение Тип 3 также широко распространено, за исключением Кызыл-Ординской области, но при этом оно является наиболее распространенным типом уплотнения в Каракалпакстане (60% полей). Смешанный тип уплотнения (Тип 4), также широко распространен, за исключением Чимкентской области и близлежащих земель нового орошения в Голодной степи.

**Рис. 14.8 Примеры трёх типов уплотнения почвы**



#### 14.5 Оценка засоленности

Четыре различных системы оценки засоленности почвы были разработаны местными институтами, и две из них широко применялись в ежегодных оценках степени засоленности почвы.

Сумма растворимых солей (TSS) определяется в водном экстракте почвы, высушенном и взвешенном, и этот метод широко применяется в данном регионе. Этот метод используется в Ферганской долине, где содержание хлоридов в почвах низкое. Это сравнительно простая процедура, требующая минимум оборудования. Лабораторный анализ состава солей предоставляет три других местных критерия засоленности: содержание хлоридов, содержание натрия и общее содержание "токсичных солей" (TTS) почвы. Метод с определением общего содержания токсичных солей (TTS) является более совершенным по сравнению с другими, так как он учитывает тот факт, что растворимый сульфат кальция не оказывает влияние на осмотический эффект корней растений. Эта система не учитывает опасности бикарбонатов, но те низкие уровни, которые зарегистрированы в большинстве проб, на практике делают это малосущественным недостатком. Основным недостатком всех этих местных методов заключается в том, что они разрабатывались в период, когда такие анализы можно было проводить в центральной лаборатории и в необходимых количествах, а теперь таких возможностей для регулярной оценки засоленности

больше не существует.

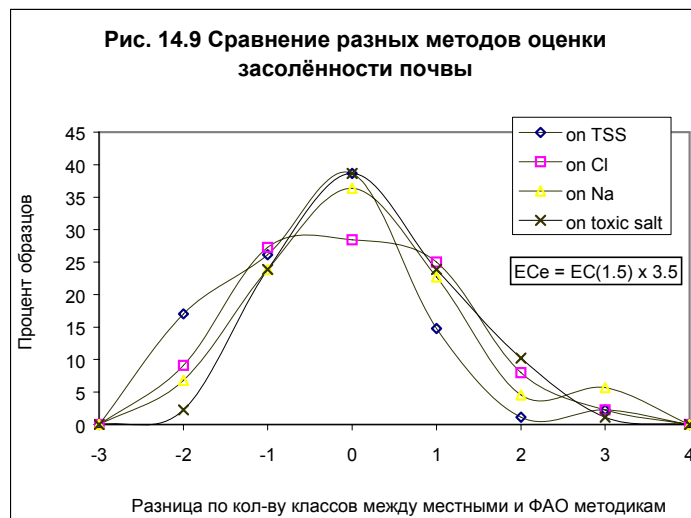
В противоположность этому, измерение электрической проводимости, наиболее широко используемый метод в мире, идеально подходит для использования как в поле, так и в лаборатории. Портативный прибор для измерения проводимости относительно дешев, прочен и надежен, дополнительно к которому требуются только пробирки со специальными делениями и запас дистиллированной воды, и он дает показатели засоленности немедленно.  $EC_{(1:5)}$  измеряется в поле. Для этого в пробирку с делениями набирается единица объёма почвы до первой риски и затем доливается дистиллированная вода до второй риски, всё это встряхивается и размешивается и затем в этот раствор опускается электрод измерительного прибора и берётся отсчёт. Недостаток этого метода заключается в том, что критерии засоленности ФАО применяются к проводимости насыщенного экстракта почвы ( $EC_e$ ), так что требуется коэффициент для перехода от  $EC_{(1:5)}$  к  $EC_e$ . Насыщенный экстракт выделяется из насыщенной почвенной пасты под сильным всасывающим давлением, которая получается путем добавления лишь достаточного количества воды, чтобы заполнить все поры почвы. Вся эта процедура сама по себе также является лабораторным методом.

Для перевода из  $EC_{(1:5 \text{ объём/объём})}$  в  $EC_e$  обычно используется коэффициент равный 6.4 (см. руководство Booker Tropical Soil Manual), но он не пригоден там, где в почвах преобладают двухвалентные катионы сульфатов, особенно катионы кальция, как это наблюдается в большинстве районов Центральной Азии. Этот коэффициент также не подходит там, где используется величина  $EC_{(1:5 \text{ вес/вес})}$  по советскому стандартному методу экстракции, когда берётся 1 часть почвы по весу на 5 частей веса воды.

Величины электропроводимости  $EC$  в образцах почвы, исследованных по программе WUFMAS, измерялись в стандартном экстракте 1:5  $(\text{вес/вес})$ . Сравнение величин  $EC_e$  и  $EC_{(1:5 \text{ вес/вес})}$ , проведённое в лабораторных условиях по ряду образцов почвы, дало коэффициенты перевода в диапазоне от менее чем 2 до больше 4. Степень засоленности почв определялась по стандартным критериям ФАО применительно к рассчитанной величине  $EC_e$ , где класс 1 – не засоленные почвы, а класс 5 – очень сильно засоленные почвы. Также была проведена оценка засоленности почвы по четырём местным методам, используя критерии для пяти этих классов, как показано в Приложении 5... Для каждого образца почвы было сделано сравнение между классом засоленности почвы, к которому отнесён образец по методу ФАО с его классом по местному методу. Совпадение класса засоленности наблюдалось у менее чем 50% проб. Количество проб в процентном отношении, отнесённых к одному и тому же классу или число разных классов нанесено на графике на Рис. 14.9.

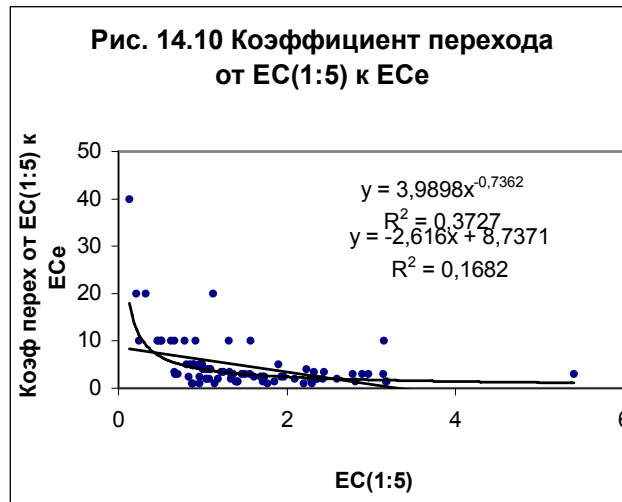
На форму этих кривых влияет величина переводного коэффициента, использованного для перехода от  $EC_{(1:5 \text{ вес/вес})}$  к  $EC_e$ . С помощью метода проб и ошибок, самое близкое совпадение результатов классификации засоленности по местным методикам и по методике ФАО было достигнуто при использовании величины переводного коэффициента равной 3.5, как это показано на Рис. 14.9. Согласно фундаментальным принципам, местный метод “токсичных солей” должен наилучшим образом отражать осмотическое давление солей в почвенном растворе. Метод TSS показывает некоторое скатывание в сторону недооценки засоленности. Хлоридный метод самый плохой, так как дает самый широкий разброс по обе стороны от точки “0-го различия”. Как было выявлено в более ранних местных исследованиях, натриевый метод является самым близким заменителем для метода токсичных солей (toxic salt).



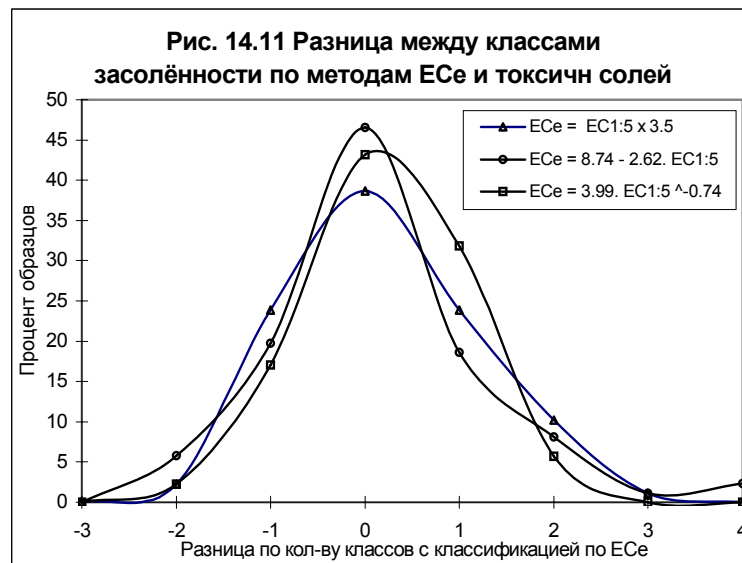


Этот график показывает, что даже при наиболее близком совпадении имеется различие в классификации для 60% проб. Причина разброса по обе стороны от точки “0-го различия” может заключаться в сочетании двух причин. Во-первых, могут быть ошибки в результате неправильного отбора проб и при проведении анализа из-за зависимости от нескольких разных анализов, для проведения классификации. Вторая причина заключается в том, что хотя оценка средней величины переводного коэффициента в  $EC_e = 3.5$  может быть обоснованной, но из-за изменяющегося химического состава реальный переводной коэффициент для каждого образца является различным. Если метод  $EC_{(1:5\text{вес/вес})}$ , или что более важно метод  $EC_{(1:5\text{объём/объём})}$ , обычно используемый в других странах, будет заменять местные методы оценки засоленности почвы из-за того, что он является более удобным, тогда для перехода к  $EC_e$  важно предоставить простой и эффективный переводной коэффициент. Вторая причина заключается в том, что хотя оценка средней величины переводного коэффициента в  $EC_e = 3.5$  может быть обоснованной, но из-за изменяющегося химического состава реальный переводной коэффициент для каждого образца является различным. Если метод  $EC_{(1:5\text{вес/вес})}$ , или что более важно метод  $EC_{(1:5\text{объём/объём})}$ , обычно используемый в других странах, будет заменять местные методы оценки засоленности почвы из-за того, что он является более удобным, тогда для перехода к  $EC_e$  важно предоставить простой и эффективный переводной коэффициент.

Такой коэффициент был скорректирован для каждого конкретного образца и поэтому наблюдалось идеальное совпадение между классами засоленности образца почвы по методу  $EC_e$  и методу токсичных солей. Корреляционная матрица между этими расчётными коэффициентами и характеристиками почвы, полученными в результате анализов показала, что наибольшая величина  $r$  была получена при использовании метода  $EC_{(1:5\text{вес/вес})}$ , кривая для которого показана на графике Рис. 14.10.



На этом графике показаны линейные и степенные линии трендов, причем степенное уравнение показало высоко значимое соответствием для этих данных ( $P=0.1\%$ ). В качестве альтернативы для стандартного переводного коэффициента величиной 3.5 были использованы эти два уравнения для вычисления величины  $EC_e$  из величины  $EC_{(1:5\text{век/век})}$ , и полученная в результате корректировка классов засоленности почвы по отношению к классу засоленности, полученному по методу токсичных солей показана на Рисунке 14.11.



Оба метода уменьшают величину разброса по обе стороны от точки “0-го различия”, но в процентном отношении количество проб с одинаковой классификацией как по методу  $EC_e$ , так и по методу токсичных солей не увеличились слишком заметно. Самую симметричную и лучшую корректировку показал расчёт  $EC_e$  по линейному уравнению:

$$EC_e = 8.737 - 2.616 \cdot EC_{(1:5\text{век/век})}$$

при этом 47% проб классифицировались одинаково по двум методам, 39% классифицировалось только по одному методу и всего 17% образцов классифицировались одинаково более чем по одному методу. При использовании для классификации ограниченного набора данных, полученная средняя величина  $EC_e$

была в 3.2 раза больше величины  $EC_{(1:5\text{век/век})}$ , что несколько меньше, чем величина 3.5, полученная по методу проб и ошибок. Хотя величина  $r^2$  для степенного уравнения, приведённого выше была больше, чем полученная с помощью линейного уравнения, она создает значительный смещение величин в сторону переоценки степени засоленности по методу токсичных солей (или недооценку по методу  $ECe$ ).

Линейное уравнение, приведенное выше, было выведено по данным с ограниченного числа проб, которые были тщательно проанализированы по всем параметрам. Когда же эта модель применялась для всех образцов ко всему набору величин  $EC_{(1:5\text{век/век})}$ , то распределение проб почвы по классам засоленности была таким, как это показано в Таблице 14.3.

**Таблица 14.3 Распределение образцов почвы за 1996 год по величине  $ECe$ , определённой по линейному уравнению (в процентах от общего количества образцов)**

Класс засолен	$ECe$ (dS/m)	Казахстан	Киргизстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан	Общая средняя
Очень высок	>16	0	0	0	0	0	0
Высокая	8-16	14	88	54	36	21	37
Умеренная	4-8	74	12	44	62	69	56
Слабая	2-4	7	0	2	2	7	4
Не засолен	<2	5	0	0	0	4	2
		100	100	100	100	100	100
Кол-во образцов		42	58	50	50	169	369

Таблица демонстрирует серьезные уровни засоленности у более чем одной трети образцов, и умеренную засоленность у более чем половины образцов. Это могло бы быть вполне возможным, если бы только при этом не повышался статус засоленности образцов почвы из Киргизстана, от почти отсутствия засоленности до большинства из образцов, классифицируемых как очень засоленные. Причина этого заключается в форме кривой зависимости, приведённой на Рис. 14.10, для построения которой был использован большой коэффициент, когда величина  $EC_{(1:5\text{век/век})}$  была низкая, как в Киргизстане. Очевидно, что это неправильно, поэтому рекомендуется проведение дальнейших работ по этому вопросу в свете важности перехода к полевой оценке засоленности, используя портативные приборы для измерения электропроводности  $EC$  во время проведения проекта GEF.

#### 14.6 Засоленность почвы и урожай

В большинстве хозяйств и на большинстве полей зарегистрированный уровень засоленности возрос между 1996 и 1997 годами. Общий средний рост засоленности, измеренный по величине  $ECe$  составил 51%, но эта величина была более чем вдвое в хозяйствах Узбекистана, причём на некоторых полях эта величина была в пять раз больше. Причина этого в основном связана с водным режимом на данных полях:

- недостаточная промывка почв в зимнее время и весной;
- неудовлетворительное функционирование дренажной системы и высокий уровень стояния минерализованных грунтовых вод;
- использование воды неудовлетворительного качества для орошения.

Методология ФАО увязывает потери урожая сельхозкультур с уровнем засоленности земель, измеренной по величине  $ECe$ . Как уже обсуждалось выше, в настоящее время имеются различные методы оценки засоленности по величине  $EC_{(1:5\text{век/век})}$ , но здесь используется коэффициент перехода равный 3.0. Средневзвешенные величины потерь урожая даны в Таблице 14.4 по данным для 1996 и 1997 годов.

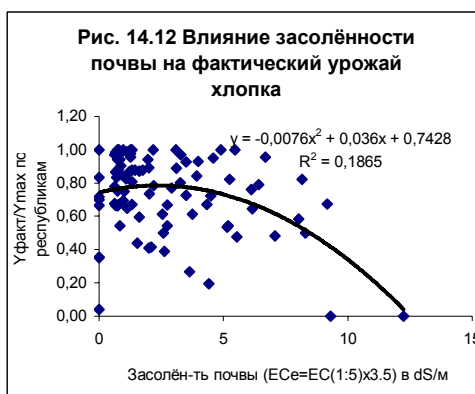
Средневзвешенные потери урожая от засоленности почвы не являются серьезными, но величины потерь урожаев на наиболее засоленных полях являются довольно высокими. Подсчитано, что на некоторых полях озимой пшеницы, риса и люцерны в Казахстане и Узбекистане потери урожая из-за засоленности земель составили величину до 50 процентов. Однако из таблицы, приведённой выше, может показаться, что потери урожая от засоленности не так серьезны, как порой считают. Сульфаты кальция имеют небольшое влияние на осмотическое всасывание влаги корнями растений, но эти соли являются основным компонентом суммы растворимых солей в почве, и это могло явиться причиной того, что такие почвы рассматриваются как сильно засоленные.

**Таблица 14.4 Потери урожая из-за засоленности почвы (средневзвешенные величины в процентном отношении)**

К-тура/Год	Казахстан	Киргизстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
<b>1996</b>					
Яблоки	0				
Ячмень, яров		0			0
Ячмень, озим		0	0		3
Хлопок, тнквл			0		
Хлопок, срднв	0	0	0	0	0
Люцерна	7	1	0	2	5
Кукуруза, зер	0	0	5	0	0
Кукуруза, сил	0	0	0	5	7
Рис	6				1
Свекла, сахрн		0		0	
Томаты				0	
Пшеница, яров	5	0			
Пшеница, озм	0	0	0	0	1
<b>1997</b>					
Ячмень, озим					0
Хлопок, тнквл				0	0
Хлопок, срднв	0		0	0	0
Люцерна	3			0	6
Кукуруза, зер	0				
Кукуруза, сил					0
Рис	3				8
Пшеница, озм	0			0	1

Примечание: 0 означает нет потерь урожая, пусто означает, что не было опытных полей этой культуры

Другая проблема, связанная с анализом влияния засоленности почвы на урожай заключается в том, что это довольно непростой вопрос. Большинство растений гораздо более чувствительны к засоленности почвы, когда они прорастают и их побеги ещё молоды, и если они переживают этот период, то могут расти в основном не страдая от засоленности.



В этом случае засоленность почвы влияет на густоту стояния растений и это может выразиться в более или менее равномерных всходах по всему полю, но с меньшей густотой растений или чаще всего это выражается в появлении голых участков на поле. Более быстрое развитие растений в случае, когда густота стояния уменьшилась, но они равномерно распределяются по всему полю, может полностью компенсировать потери урожая, в то время как потеря растений на части поля обычно не приводит к компенсации урожая со всего поля. По этой причине при проведении исследования необходимо учитывать густоту стояния растений, а также сезонные изменения в засоленности почвы и ее распределение вглубь по почвенному профилю. Это иллюстрируется данными для хлопчатника на Рисунке 14.12.

Засоленность в пахотном слое почвы в этом примере рассчитывалась по величине  $ЕС_{(1:5\text{вс}/\text{вс})}$ , с использованием переходного коэффициента 3.5. Для того, чтобы устранить региональные различия в урожайности хлопчатника, она измеряется по отношению к самому высокому урожаю, зарегистрированному на опытных полях в каждой республике. Приведённая на графике полиномиальная кривая трендов имеет высоко значимое соответствие этим данным, но на нее сильно влияют две точки с нулевыми урожаями. Эти поля были засеяны хлопком, затем эти поля пересевались, но всходы были настолько плохие, что поля были заброшены. Без этих двух точек, из этого набора данных чётко следует, что нет никакой связи между засоленностью почвы и урожаем в зарегистрированном диапазоне засоленности почвы.

Рекомендуются дальнейшая работа по данному вопросу.

#### **14.7 Плодородие почвы и использование удобрений**

На плодородие почвы сильно влияет содержание органического вещества в почве. Уровни содержания органического вещества в почве, рассмотренные в Разделе 5 в основном низкие и очень низкие, но они являются нормальными для почв регионов с сезонным выпадением осадков и очень высоких летних температур. Возросший за последние годы сбор и использование растительных остатков с полей может только усугубить ситуацию с содержанием органического вещества в почве, но в то же время генезис почвы влияет на содержание органического вещества. Самые высокие уровни содержания органического вещества были зарегистрированы в почвах дельт обоих рек.

Анализ содержания азота в почве редко обеспечивает показатель статуса почвы для производства сельхозкультур. Имеются три формы азота в почве, минеральные формы  $NO_3-N$  и  $NH_4-N$  в виде солей и ионов, и различные органические формы азота. Катионная форма азота получается вследствие использования органических удобрений на аммиачной основе и мочевины (карбомид), причем катионы в почвенном растворе абсорбируются имеющейся ёмкостью катионного обмена (СЕС). В конечном счете они нитрифицируются в анионную форму и их содержание в виде ёмкости анионного обмена (АЕС) становится гораздо меньше, и если они не успели абсорбироваться почвенными организмами, они вымываются из почвы поливной водой. Общее содержание азота в почве не измерялось, но его преобладающая форма в почве органическая, заключение о чём сделано на основании очень высоких соотношений  $C:N_{\text{минеральный}}$ . Без измеренных величин общего содержания азота невозможно делать предположения о содержании гумуса в почвах.

Растворимость фосфора, вносимого в виде минеральных удобрений, зависит от его химической формы, но в большинстве удобрений, только часть чистого фосфора Р является растворимой, а остальная часть высвобождается путем микробиологической активности. Предполагается тесная связь между содержанием органического вещества в почве и содержанием доступного фосфора Р, но эта зависимость по имеющимся данным не является сильной. Ортофосфат природный  $H_2PO_4$  – это та

форма фосфора, которая обычно больше всего абсорбируется сельхозкультурами, но он быстро образует в почве нерастворимые соединения с кальцием Са и магнием Mg при высоких величинах pH, которые встречаются в местных почвах. Содержание в почве доступного фосфора P несколько выше, чем в общем можно было бы ожидать от тропических и субтропических почв. Данные в Разделе 5 показывают, что одна треть почв, из которых брали пробы, имеет высокое содержание доступного фосфора P и мало вероятно, что урожаи культур будут снижаться от недостатка фосфорных минеральных удобрений в почве. В 54% проб почвы содержание доступного фосфора P было средним и на этих полях не ожидается недостатка удобрения P для культур, или недостаток будет небольшим, за исключением культур, которые особенно нуждаются в фосфоре. Только на 13% полей уровень дефицита доступного фосфора наблюдался такой, который может сказаться на урожае большинства культур. Причина такой хорошей обеспеченности почв фосфором может заключаться в том, что в прошлые годы в Советский период, из-за очень высоких “нормативов”, вносились чрезмерные дозы фосфатных удобрений. Как только фосфор “свяжется” в почве, соединения фосфора P не вымываются из почвы, а медленно высвобождают фосфор для потребления культурами, посаженными в последующие годы. В настоящее время растения возможно потребляют достаточное количество фосфора, но из-за того, что сейчас нормы внесения фосфорных удобрений в основном очень низкие, производство сельхозкультур возможно “существует за счёт заёмного капитала”. В Таблице 14.5 представлены свидетельства этого, где в пропорциональном отношении количество образцов почвы, которые по содержанию доступного фосфора можно отнести к “высокому” классу упала с 44% в 1966 году до 9% в 1997 году (но на этот результат могло повлиять меньшее количество проанализированных образцов в 1997 г.).

**Таблица 14.5 Изменения содержания доступного фосфора P в почве в 1996 – 1997 годах**

Класс	Д-зон мг/кг (ppm)	Анализы 1996г.		Анализы 1997г.	
		Кол-во образцов	% от общего к-ва	Кол-во образцов	% от общего к-ва
Высок	>14	157	44	14	9
Средн	7-14	158	45	119	73
Низкое	<7	39	11	29	18
Всего		354	100	162	100

Как объясняется в Разделе 5, критерий для определения статуса почвы по содержанию калия определяется по количеству калия K, абсорбированного ёмкостью катионного обмена (СЕС), содержание “обменного” калия K. С помощью метода Palintest, который использовался для анализа образцов почвы начиная с 1996 года и в 1997 году, определялось содержание калия в растворимых экстрактах и содержание обменного калия K. Если содержание калия в растворимых экстрактах измерялось не каким-либо другим методом, то суммарную величину содержания калия невозможно разделить по его компонентам. Содержание растворимых катионов измерялось только в образцах почвы за 1996 год. На основании этого ограниченного набора данных, 16% полей оценивались как имеющие недостаток в содержании калия K в почве, когда реакцию на недостаток калия можно ожидать от большинства культур. Десять процентов полей по содержанию калия в почве находились в предельной категории, когда реакция на дефицит калия от чувствительных к содержанию этого элемента культуры была бы вполне вероятной. Две такие самые распространенные культуры - это картофель и хлопчатник. На основании этого можно сделать вывод, что потери урожаев хлопчатника явились следствием того, что под хлопчатник не вносились никакие калийные удобрения, по крайней мере на четверти всех хлопковых полей.

Рекомендуется проводить дальнейшие работы по изучению плодородия почвы и его изменениям, происходящим во времени.

