



ПРОЕКТ

Адаптация управления водными ресурсами трансграничных вод бассейна Амударьи к возможным изменениям климата

Отчет по позиции

2.3. Моделирование водопотребления с/х культур с учетом влияния изменения климата

Руководитель проекта, проф.

В.А.Духовный

Ответственный исполнитель
по позиции

А. Сорокин

Исполнитель работ

Г. Солодкий

Ташкент 2016

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЗОНА ПЛАНИРОВАНИЯ (ЗП) - Территория области, или ее части, имеющая схожие почвенно-климатические характеристики, ведущая условно автономную систему хозяйствования.

ОРОШАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ - Искусственно орошаемая территория, имеющая для этого соответствующую ирригационную структуру (каналы, дренаж).

БД - База данных

AMST – Авиационная метеостанция

РЕМО – Модель прогнозирования климата с учетом эмиссии парниковых газов

РАСЧЕТНАЯ СЕТКА - Расчетная сетка получается путем разбиения орошаемой части ЗП квадратами определенного размера. В нашем случае это квадраты размером 3 x 3 км. Размер квадрата выбирается из соображений однородности квадрата к УГВ и максимальным числом квадратов, которые может обработать программа. В дальнейшем все расчеты привязываются к ячейкам Расчетной Сетки.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	5
2 ПУНКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	5
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ С/Х КУЛЬТУР С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	5
4 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА.....	7
5 ГИС-ПОДГОТОВКА ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ.....	8
6 КАЛИБРОВКА ЕТо.....	9
7 КАЛИБРОВКА ОСАДКОВ.....	10
8 КАЛИБРОВКА СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	11
9 ПОЧВЕННЫЕ ДАННЫЕ.....	11
9.1. Цели и задачи.....	11
9.2. Задачи исследований и их выполнение.....	11
9.3. Объекты исследований.....	12
9.4. Методы исследований.....	13
9.5. Результаты исследований.....	13
10 РАЗНОС ДЕКАДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГВ ПО ЗП УЗБЕКИСТАНА....	23
11 РАЗБИВКА ЯЧЕЕК РАБОЧЕЙ СЕТКИ ПОЧВЕННОЙ КАРТОЙ УЗБЕКИСТАНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФОРМУЛЫ ХАРЧЕНКО. РАСЧЕТ ПОДПИТКИ ИЗ ГВ.....	23
12 ДЛЯ ВСЕХ С/Х КУЛЬТУР ПРОЕКТА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАРТОВЫХ СУММ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР.....	23
13 РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПЕРЕСЧЕТА ДАТ СЕВА И ПЕРИОДОВ РАЗВИТИЯ С/Х КУЛЬТУР, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА.....	23
14 СПИСОК РАССМАТРИВАЕМЫХ С/Х КУЛЬТУР.....	24
15 ГРУППИРОВКА С/Х КУЛЬТУР.....	24
16 ОБЗОР ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – Суммы эффективных температур по периодам развития с/х культур.....	28

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – Орошаемые земли Центральной Азии.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Расположение авиационных метеостанций и узлов модели REMO на зонах планирования, подкомандных р. Амударья....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – Объект Ахал_1.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – Объекты Ахал_2, Бухара.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – Объекты Дашогуз, Нижний Кафирниган.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – Объекты Карши, Кашкадарья.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 – Объекты Хорезм, Северный Каракалпакстан.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 – Объекты Лебап_1 и Лебап_2.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 – Объекты Лебап_3 и Мары.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 – Объекты Пяндж и Сурхандарья.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ 12 – Объекты Верхний Кафирниган и Вахш.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 13 – Хорезм. Изменение оросительных норм с/х культур	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 14 – Бухара. Изменение оросительных норм с/х культур	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 15 – Сев. Каракалпакстан. Изменение оросительных норм с/х культур.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 16 – Карши. Изменение оросительных норм с/х культур	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 17 – Кашкадарья. Изменение оросительных норм с/х культур.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 18 – Сурхандарья. Изменение оросительных норм с/х культур.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 19 – Хорезм. Баланс и месячные оросительные нормы с/х культур на период 2000 – 2050 гг.	47

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассчитать водопотребления с/х культур, выращиваемых в ЗП, орошаемых из р. Амударьи. При этом учесть подпитку из грунтовых вод, затраты на промывки и влагозарядку, а также влияние изменения климата на водопотребление с/х культур.

2. ПУНКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Для Зон Планирования:

1	Северный Каракалпакстан
2	Хорезм
3	Бухара
4	Карши
5	Кашкадарья
6	Сурхандарья

рассчитать водопотребление по всем заявленным с/х культурам на период 2000 - 2050 гг.

Зоны Планирования:

7-8	Ахал – 2 объекта
9	Дашогуз
10	Мары
11-13	Лебап – 3 объекта
14	Верхний Кафирниган
15	Нижний Кафирниган
16	Пяндж
17	Вахш

подготовить к расчету водопотребления по мере получения и обработки недостающей информации

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ С/Х КУЛЬТУР С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

По этому пункту выполнено следующее:

- Созданы проекты для каждой из зон планирования бассейна р. Амударьи.
- Заполнение проектов ГИС-представлением:
 - - Зоны планирования (ЗП).
 - - Орошаемой части территории ЗП.
 - - Репрезентативных для ЗП метеостанциями (Сайт gis.ncdc.noaa.gov)
 - - Покрывающих ЗП узлов климата REMO.
 - - Многолетними данными УГВ по орошаемой части ЗП
 - - Расчетной сетки орошаемой части ЗП.
 - - Полученными осадками для ЗП с сайта ClimateSERV

f:\PEER\ReqWatPR*.*			
Имя	↑ Тип	Размер	Дата
[..]		<Папка>	25.10.2015 21:41
[AHALAK_1]		<Папка>	24.10.2015 23:53
[AHALAK_2]		<Папка>	25.10.2015 12:53
[BUKHARA_2]		<Папка>	25.10.2015 13:04
[DASHAVUZ_1]		<Папка>	25.10.2015 14:02
[DN_KAFIRNIGAN_2]		<Папка>	25.10.2015 15:01
[KARSHY_1]		<Папка>	25.10.2015 14:05
[KASHKADARIYA_2]		<Папка>	25.10.2015 14:12
[KHOREZM_1]		<Папка>	25.10.2015 15:09
[KKALPAK_NORD_1]		<Папка>	25.10.2015 15:06
[LEBAP_1]		<Папка>	25.10.2015 14:23
[LEBAP_2]		<Папка>	25.10.2015 14:24
[LEBAP_3]		<Папка>	25.10.2015 14:26
[MARY_1]		<Папка>	25.10.2015 14:39
[PANDJ_2]		<Папка>	25.10.2015 14:58
[SURHANDARIYA_2]		<Папка>	25.10.2015 15:08
[UP_KAFIRNIGAN_2]		<Папка>	25.10.2015 13:27
[VAKHISK_1]		<Папка>	25.10.2015 13:25

1. Для каждой зоны планирования был создан отдельный проект в виде папки с данными.

Некоторые зоны планирования из-за своих размеров не могли быть обработаны целиком, вследствие чего были разбиты на два участка (Ахалкская зона) или на три участка (Лебапская зона).

2. В результате обработке подлежали 17 отдельных объектов из зон планирования.

3. Каждая папка проекта содержит информацию, аналогичную папке «АХАЛК_1»

f:\PEER\ReqWatPR\AHALAK_1*.*			
Имя	↑ Тип	Размер	Дата
[..]		<Папка>	25.10.2015 21:41
[DEM]		<Папка>	18.10.2015 18:23
[DEM_HGT]		<Папка>	10.11.2015 11:32
[IRRZONE]		<Папка>	14.10.2015 14:44
[IRRZOP]		<Папка>	18.10.2015 12:57
[MST]		<Папка>	27.11.2015 16:23
[NODS]		<Папка>	12.10.2015 16:26
[RAB]		<Папка>	18.10.2015 19:02
[RAIN]		<Папка>	02.02.2016 12:19
[RAY]		<Папка>	23.02.2016 11:42
[SALT]		<Папка>	11.10.2015 20:55
[SETKA]		<Папка>	17.10.2015 21:03
[SOIL]		<Папка>	11.10.2015 20:55
[WRK]		<Папка>	18.10.2015 18:30
[ZOPLA]		<Папка>	14.10.2015 14:45
RWDB_Proj	mdb	245 919 744	28.02.2016 19:38

4. Папки **DEM** и **DEM_HGT** содержат информацию о высотах точек зоны планирования

- Папка **ZOPLA** содержит Shape-file зоны планирования,

- Папка **IRRZONE** содержит Shape-file фрагмента орошаемой территории Средней Азии, покрывающей зону планирования.

- Папка **IRRZOP** содержит Shape-file орошаемой части зоны планирования, полученный после отсечения от орошаемой территории Средней Азии фрагментов, не попавших в ЗП.

- Папка **NODS** содержит точечный Shape-file узлов модельного климата REMO, попавших в ЗП или непосредственно к ней примыкающих.
- Папка **RAB** содержит орошаемую часть Зоны Планирования, разбитую рабочей сеткой с шагом в 3 км.
- Папка **RAIN** содержит извлеченные из сайта CLIMATESERV средние значения осадков по зоне планирования с 1981 г. по 2016 г.
- Папка **RAY** содержит Shape-file административных районов зоны планирования.
- Папка **SALT** предназначена для Shape-file засоленности ЗП. Данные отсутствуют.
- Папка **СЕТКА** содержит Shape-file рабочей сетки с шагом в 3 км. Сетка покрывает всю ЗП.
- Папка **SOIL** содержит Shape-file почвенную карту, покрывающую ЗП.
- Папка **WRK** предназначена для хранения промежуточных результатов GIS-обработки.

4. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА

Расчет водопотребления производится по следующей формуле:

$$RW = ETc - EfRain - GWC \quad (1)$$

где:

RW - Водопотребление культуры за некоторый период времени

ETc - Испарение воды с поверхности культуры и с почвы под культурой

EfRain - Эффективная часть осадков

GWC - Подпитка из грунтовых вод

ETc рассчитывается по формуле :

$$ETc = \sum_{i=1:n} ET_{o_i} * Kc_i \quad (2)$$

где:

ET_{o_i} - Эталонная эвапотранспирация в i-тый день периода расчета

Kc_i - Коэффициент культуры в i-тый день периода расчета

n - Количество дней в периоде расчета

i - Номер дня в периоде расчета

ET_o рассчитывается по формулам ПЕНМАНА - МОНТЕЙТА (Вып. FAO 56) и по методу БЛЕЙНИ - КРИДДЛА.

Kc - Коэффициент культуры, определяемый на каждый день расчетного периода. Определяется по таблицам вып. FAO 56.

EfRain - эффективная часть осадков (мм). Определяется по методике Резервного земельного фонда США.

Если осадки за месяц (MonPre) ≤ 50 мм

то

$$EfRain = (MonPre * (125 - 0.3 * MonPre)) / 125$$

Если осадки за месяц (MonPre) > 50 мм то

$$EfRain = 125 / 3 + 0.1 * MonPre \quad (3)$$

GWC (мм) - подпитка из грунтовых вод рассчитывается по эмпирической формуле ЛАКТАЕВА - ХАРЧЕНКО

$Surf = Dep - Root$ Расстояние между УГВ и корневой зоной в м

Если $Surf < 0.6$ то

$Surf = Dep$ Расстояние между УГВ и поверхностью в м

Если $Surf = 0$ то

$$GWC = ETo$$

Иначе

$$ex = \text{Exp}(Rb * (Surf))$$

$$GWC = Ra * ETo / ex \quad (4)$$

где

Dep - Уровень грунтовых вод (м)

Root - Глубина корневой зоны культуры на момент расчета (м)

Rb - Коэфф., связанный с мехсоставом почв

Ra -- Коэфф., связанный с мехсоставом почв

В каждом из проектов были проведены следующие ОПЕРАЦИИ:

5. ГИС-ПОДГОТОВКА ОБЪЕКТОВ ОБРАБОТКИ

Подготовка предполагала выделение орошаемой части ЗП и разбивка ее рабочей матрицей. Далее все расчеты проводились для каждой ячейки рабочей матрицы, обрезанной орошаемой территорией ЗП. Скрин-шоты результатов приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 1 и 2.

6. КАЛИБРОВКА ЕТо

Климатические данные модели REMO были получены путем моделирования эмиссии парниковых газов, приводящих к глобальному потеплению. Однако, модель не учитывала локальных особенностей влияния орографии на метеорологические показатели. Поэтому возникла необходимость калибровки данные REMO по каким-либо наземным данным. Для этой цели были взяты метеоданные с авиационных метеостанций (AMST), размещенных на сайте gis.ncdc.noaa.gov. Калибровка производилась следующим образом.

- Был выбран интервал времени, в течение которого имелись данные как по модели REMO, так и по AMST. Был выбран интервал с 1960 г. по 2014 г. Затем для каждого объекта была рассчитана ЕТо по данным REMO на весь период моделирования - 1960 г. - 2050 г.

- Для каждой AMST по периоду 1960 г. - 2014 г. были рассчитаны ЕТо как по ПЕНМАНУ - МОНТЕЙТУ, так и по БЛЕЙНИ - КРИДДЛУ. AMST не ведут наблюдения за солнечной радиацией, в связи с чем значения солнечной радиации пришлось рассчитывать через координаты метеостанций и величину солнечной постоянной (FAO 56).

$$R_s = k_{RS} \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} * R_a \quad (5)$$

где

R_s - Солнечная радиация (МДж м⁻² сут⁻¹)

k_{RS} -Корректирующий коэффициент (°C^{-0.5})

T_{\max} -Максимальная температура воздуха (°C)

T_{\min} - Минимальная температура воздуха (°C)

R_a -Внеземная радиация (МДж м⁻² сут⁻¹) - взято из Таблицы 26 сборника FAO 56.

Кроме того, условия аэродромов резко отличаются от условий посевов, в связи с чем значения ЕТо были, в соответствие с рекомендациями, уменьшены на 20%. Тем не менее, полученные значения ЕТо получились некорректно контрастными. ЕТо, рассчитанные по методу БЛЕЙНИ – КРИДДЛА, получились слишком сглаженными. За окончательный результат были взяты средние значения этих двух методов.

- Из массива авиационных метеостанций для каждого узла модели REMO были отобраны ближайшие 5 метеостанций.

- В каждый узел REMO были интерполированы значения ЕТо, полученные на соответствующих 5 метеостанциях. Интерполяция осуществлялась методом средневзвешенного среднего, где весами служили обратные расстояния между узлом и метеостанциями.

$$ETo_{INT} = \frac{\sum_{i=1}^5 (ETomst_i / R_i)}{\sum_{i=1}^5 (1 / R_i)} \quad (6)$$

где

ETo_{INT} - Интерполированное значение ETo

$ETomst_i$ - Вычисленное на i -той метеостанции значение ETo

R_i - Расстояние i -той метеостанции от узла REMO

- Таким образом, для каждого узла REMO по каждой декаде и по всему калибровочному периоду (1960 г. - 2014 г.) были получены по два значения ETo : - непосредственно по данным REMO, и интерполированными с метеостанций. Калибровочные коэффициенты определялись по формуле

$$Kk = ETomet / EToREMO \quad (7)$$

где

Kk - Коэффициент калибровки (б/р)

$ETomet$ - ETo с метеостанций ($мм\ сут^{-1}$)

$EToREMO$ - ETo , рассчитанное по REMO ($мм\ сут^{-1}$)

- Далее Kk были осреднены по годам калибровочного периода, в результате чего для каждого узла REMO были получены 36 (по числу декад) калибровочных коэффициентов, используемых для корректировки ETo для прогнозируемых лет.

- Далее значения ETo с узлов REMO были интерполированы в рабочие ячейки с учетом полученных коэффициентов калибровки методом описанного выше (6) средневзвешенного среднего на весь период до 2050 г.

7. КАЛИБРОВКА ОСАДКОВ

Как упоминалось ранее, по определенным причинам осадки с авиационных метеостанций не подходят для учета их в водопотреблении с/х культур; поэтому значения осадков были взяты из сайта <http://climateserv.nsstc.nasa.gov/>.

Момент возникновения осадков среди наблюдаемых метеорологических параметров является величиной условно предсказуемой. Если в осенне-зимние периоды можно достаточной точностью предсказать место и время возникновения осадков, обусловленных слоистой облачностью, то в весенне-летний период это сделать практически нельзя, поскольку преобладающая в этот период конвективная облачность зависит от многих локальных особенностей района прогноза. Поэтому при анализе и прогнозе осадков используются статистические приемы, в частности - рассматриваются значительные территории, декадные и месячные осадки, скользящее среднее за период.

Калибровка осадков осуществлялась следующим образом:

- Приведение осадков из ClimateServ к декадному виду.
- Сглаживание декадных значений осадков по трем точкам (декадам) методом скользящего среднего.
- Приведение осадков модели REMO к декадному виду
- Расчет скользящего среднего по декадным осадкам REMO.

- Расчет коэффициентов калибровки осадков на основании сглаженных значений осадков.
- Интерполяция осадков с узлов РЕМО в рабочие ячейки методом средневзвешенного суммирования с использованием полученных коэффициентов калибровки. При этом рассчитывалась эффективная часть осадков.

8. КАЛИБРОВКА СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

В данном проекте предполагается учесть влияние изменения климата на время сева с/х культур и длительности периодов развития культур. От этих параметров зависит, в конечном счете, водопотребление культур. Основным параметром, используемым в определении дат сева и периодов развития, является температура, т.к. методология строится на суммах эффективных температур, которые должны набрать растения в каждый период своего развития.

Поскольку принятие решения о севе определенных с/х культур осуществляется в рамках ЗП, речь должна идти о средней температуре по ЗП.

- Температура воздуха из РЕМО (среднесуточная) осредняется по декадам, затем подвергается процедуре сглаживания методом скользящего среднего.
- Аналогичным образом обрабатывается температура воздуха с AMST.
- Значения сглаженной температуры с метеостанций интерполируются в узлы РЕМО средневзвешенным суммированием, как это было описано выше.
- По средневзвешенным значениям температуры метеостанций и сглаженным значениям температуры в узлах РЕМО производится расчет коэффициентов калибровки температуры.
- Значения температуры с узлов РЕМО интерполируются в центры рабочих ячеек методом средневзвешенного среднего. При этом используются рассчитанные ранее калибровочные коэффициенты.
- Полученные таким образом значения температуры осредняются по всем рабочим ячейкам в рамках каждой декады.

9. ПОЧВЕННЫЕ ДАННЫЕ

9.1. Цели и задачи исследований

Цель работы: Подготовка почвенных данных для расчета водопотребления по бассейну р. Амударья

9.2. Задачи исследований и их выполнение:

За отчетный период в соответствии с ТЗ выполнены следующие работы:

1. Собраны материалы по почвенному покрытию бассейна Амударья, охватывающие среднее и нижнее течение.
2. Оцифрована почвенная карта узбекской части в масштабе 1:500000.

3. Выполнен анализ данных по гранулометрическому (механическому составу) почв.
4. Построена карта гранулометрического состава почв узбекской части бассейна.
5. Оцифровывается почвенный покров туркменской части бассейна (нижнее и среднее течение) в масштабе 1:1000000.
6. Подготовлен материал по гранулометрическому составу в классификации ФАО экспертной оценкой.

9.3. Объекты исследований

Объектом исследования является бассейн Амударьи. Бассейн реки Амударьи (рис.1) расположен в сильно аридной зоне на территории пяти бывших республик Советского Союза - Узбекистана, Таджикистана, большей части Туркменистана - и частично Афганистана. Основная орошаемая площадь находится в Узбекистане



Рис. 1. Карта бассейна р. Амударья

Бассейн имеет три отдельные морфологические зоны: горы, пустыни и равнины оазисов. Пики Тянь-Шаня и Памира достигают более 7 000 м, а среднегодовое количество осадков составляет от 800 до 1600 мм. В низовьях - пустыня Каракум - охватывает большую часть площади бассейна - количество выпадающих составляет всего 100 мм. Природный дефицит воды как разница между осадками и испарением варьирует от 600...800 мм на территории древнего оазиса и предгорного плато до 1400...1600 мм в пустынной и степной зоне. В географическом и геоморфологическом плане бассейн делится по течению реки на верхнее, среднее и нижнее течение. В верхнем течении реки, расположенном в основном в таджикской части, площади орошаемых земель незначительные, в связи с чем, основное внимание уделено на среднее и нижнее течения реки, где расположены следующие зоны планирования: Ахал 1, Ахал 2, Бухара, Дашогуз, Верхний Кафирниган, Нижний Кафирниган, Хорезм, Каракалпакия, Карши, Кашкадарья, Лебап 1, Лебап 2, Лебап 3, Мары, Пяндж, Сурхандарья, Вахш.

Изучению почвенных процессов в бассейне Амударьи посвящено значительное количество работ русских, советских ученых.

9.4. Методы исследований

Исследования заключались в сборе информации и составлении описания почвенно-климатических условий бассейна Амударьи.

Почвенные карты оцифрованы с выделением почвенных контуров и создания атрибутивных таблиц, включающих экспликацию почвенных карт.

С использованием всей собранной информации выделенные почвенные контура охарактеризованы по гранулометрическому (механическому) составу. Учитывая, что классификация механического состава по Качинскому, применяемая в советской школе почвоведения, отлична от западной ФАО, используемой при моделировании водопотребления, выполнена экспертная оценка по анализу данных и переводу их из одной классификации в другую.

В данном отчете приводятся выдержки из сборника (Хлопчатник, том 2). Такое подробное описание оправдано тем, что оно явилось одним из источников необходимой нам информации по гранулометрическому составу почв и уровню грунтовых вод. Рассматриваются:

- Почвенные процессы в долине среднего течения Амударьи
- Почвенные процессы в долине нижнего течения Амударьи
- Почвенные процессы прадельты Амударьи
- Почвенные процессы в бассейне Амударьи, Узбекистан

Анализ почвенного покрова узбекской части выполнен на основе почвенной карты Узбекистана (выполненная по материалам Гос НИИПА, авторы Кузиев Р.К., Сектименко В.Е., Исманов А.Ж.). Поскольку карта содержит исчерпывающую информацию, оценка гранулометрического состава выполнена экспертным путем с использованием почвенной экспликации

5. Результаты исследования

Для определения соответствия двух различных классификаций почв необходимо иметь результаты анализов механического состава, количество фракций различного размера для перевода из одной системы в другую. Ранее нами была выполнена такая работа в проекте “WUFMAS“ где были заложены почвенные разрезы по территории Центральной Азии. Такая же работа была выполнена в проекте ИУВР в Ферганской долине. Эти и привлеченные результаты других работ позволили нам создать таблицу соотношений классификаций (табл.1). Кроме того, в данной работе привлечено и описание генетических особенностей почв. В результате экспертной оценки составлены карты в ГИС гранулометрического состава почв и атрибутивные таблицы к ним (рис.2 – рис.9).

Результаты оценки гранулометрического состава внесены на карту, карты оцифрованы. Материал передан для моделирования водопотребления программой REQWAT 2.

Величины доступной почвенной влаги и скорости инфильтрации
по почвам различного мехсостава в Центральной Азии

Класс почвы по мехсоставу (USDA)		AWC (1) мм/м	Скорость инфильтрации (2) мм/сутки
Z	Пыль	160	144
ZL	Пылеватый суглинок	160	192
ZC	Пылеватые глины	170	48
ZCL	Пылевато-иловатые суглинки	160	120
L	Суглинки	155	240
SL	Опесчаненные суглинки	145	480
LS	Супеси	100	720
fS	Мелкий песок	80	960
cS	Крупный песок	60	2400
gS	Гравелистый песок	40	4800
SCL	Опесчаненный иловатый суглинок	190	240
CL	Иловатый суглинок	180	192
C	Глина	210	12

Источник: (1) Отчёт WUFMAS за 1997г и (2) Booker Tropical Soils Manual 1991

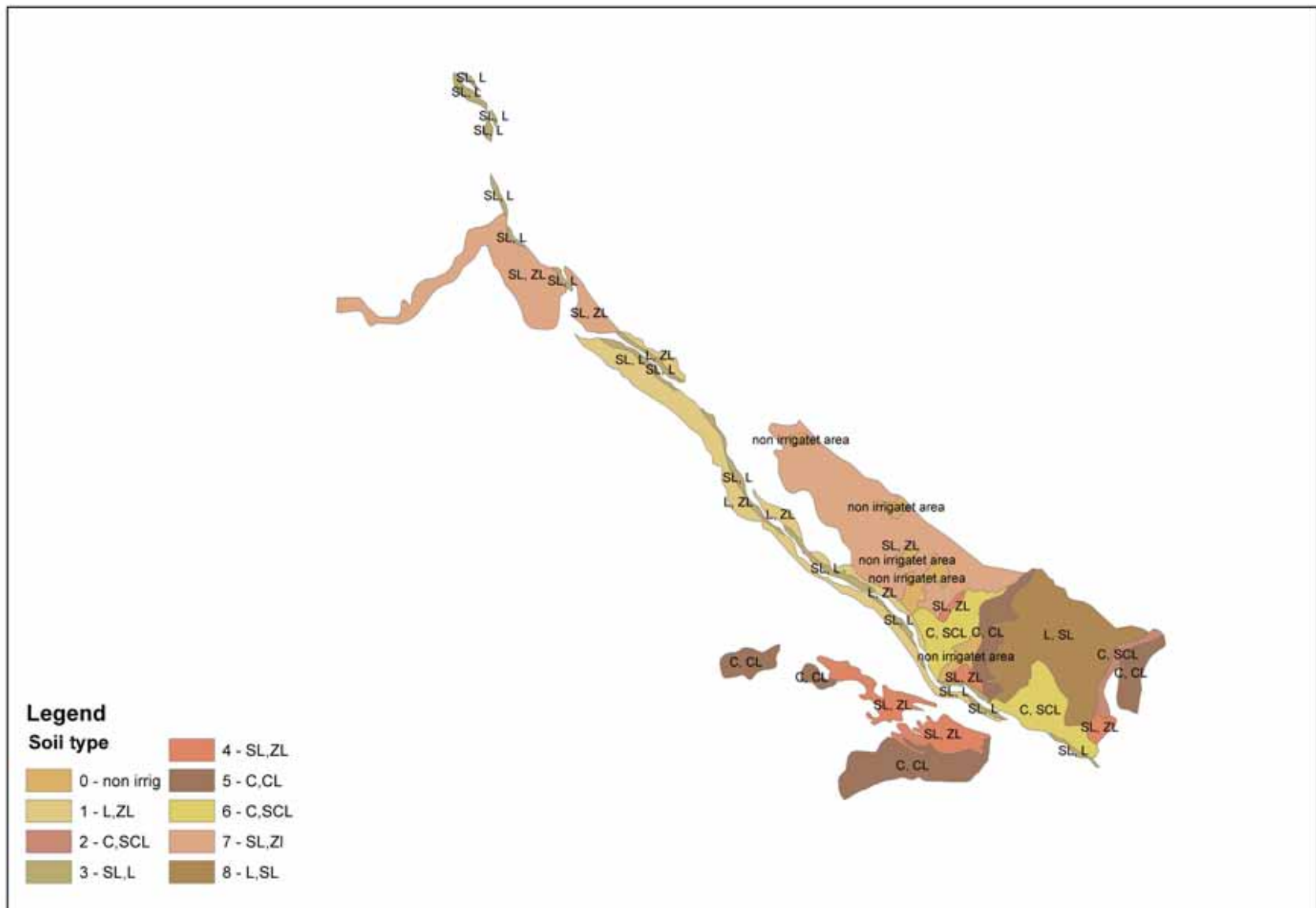


Рис. 2. Карта гранулометрического состава почв среднего течения р. Амударьи

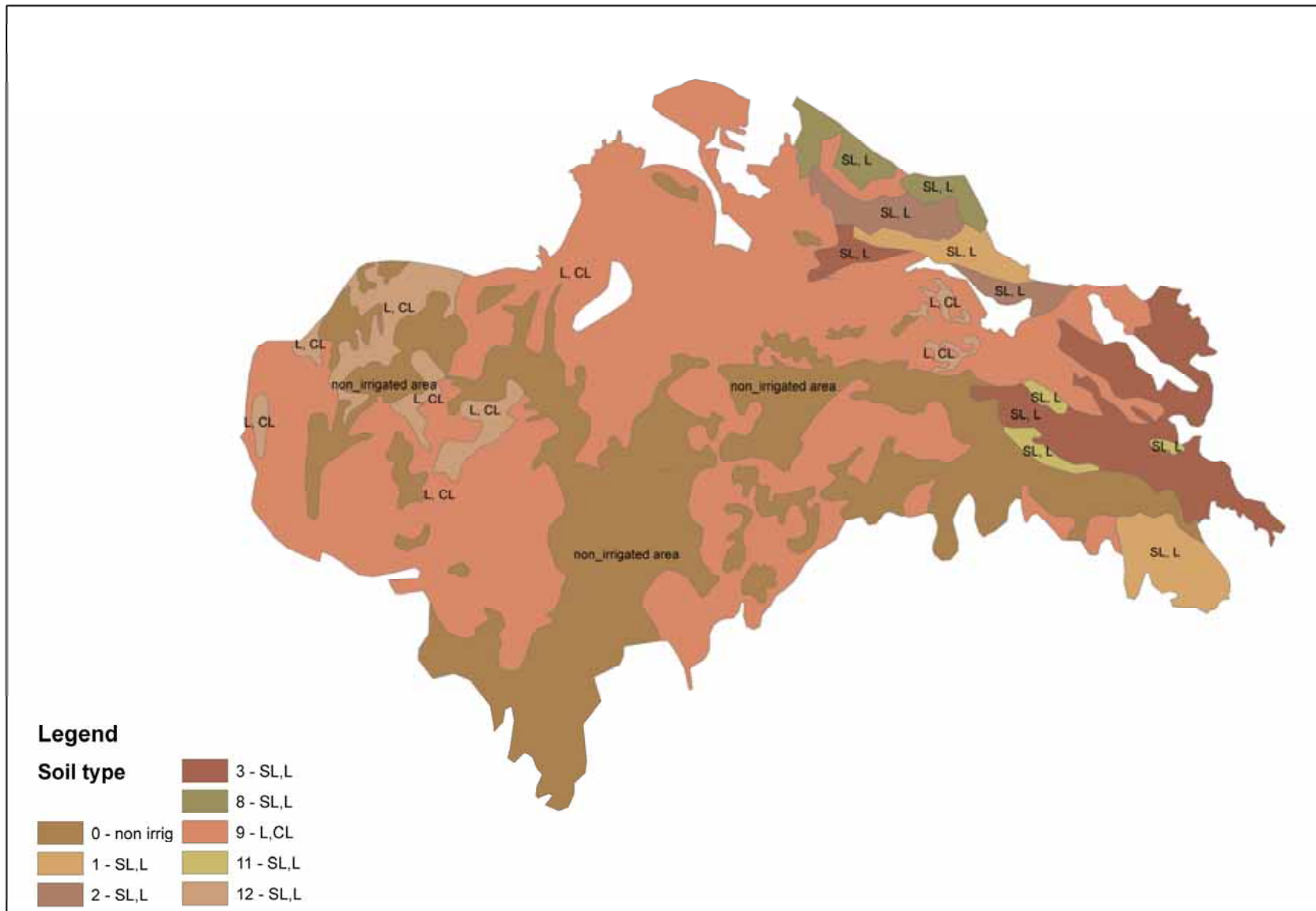


Рис. 3. Карта гранулометрического состава почв низовья Амударьи

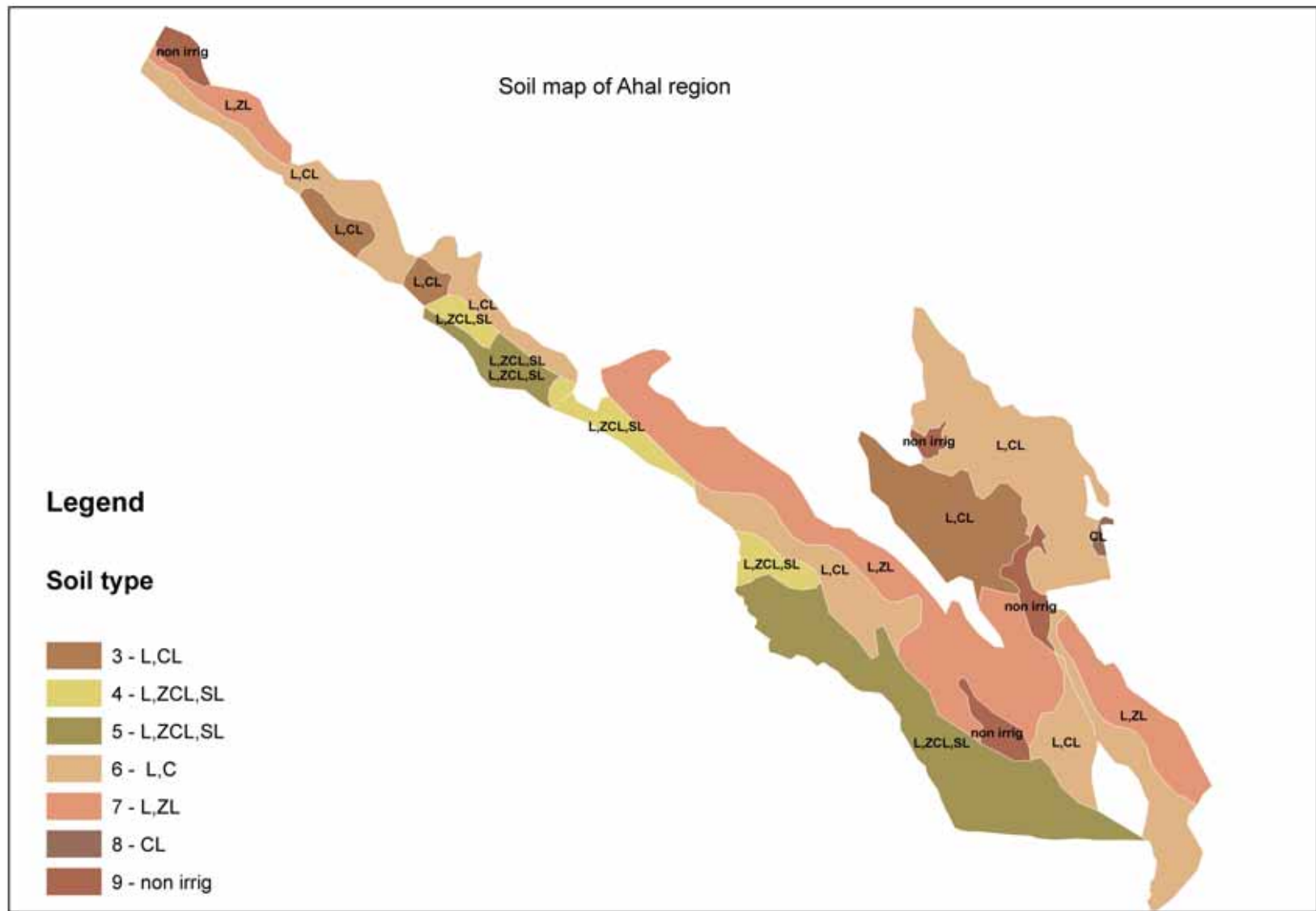


Рис. 4. Карта гранулометрического состава почв Прадельты Амударьи (Ахал)

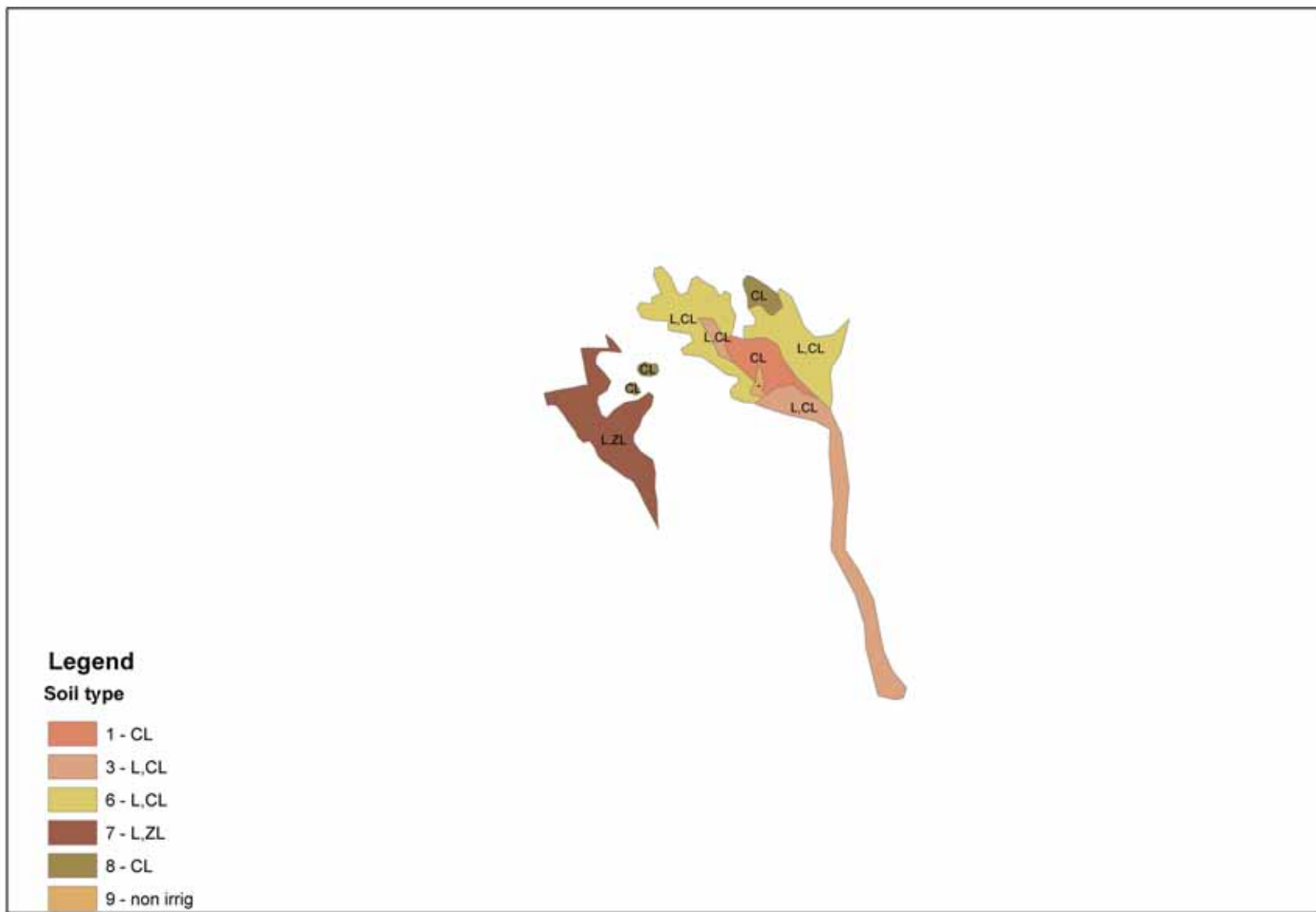


Рис. 5. Карта гранулометрического состава почвы Прадельты Амударьи (Мары)

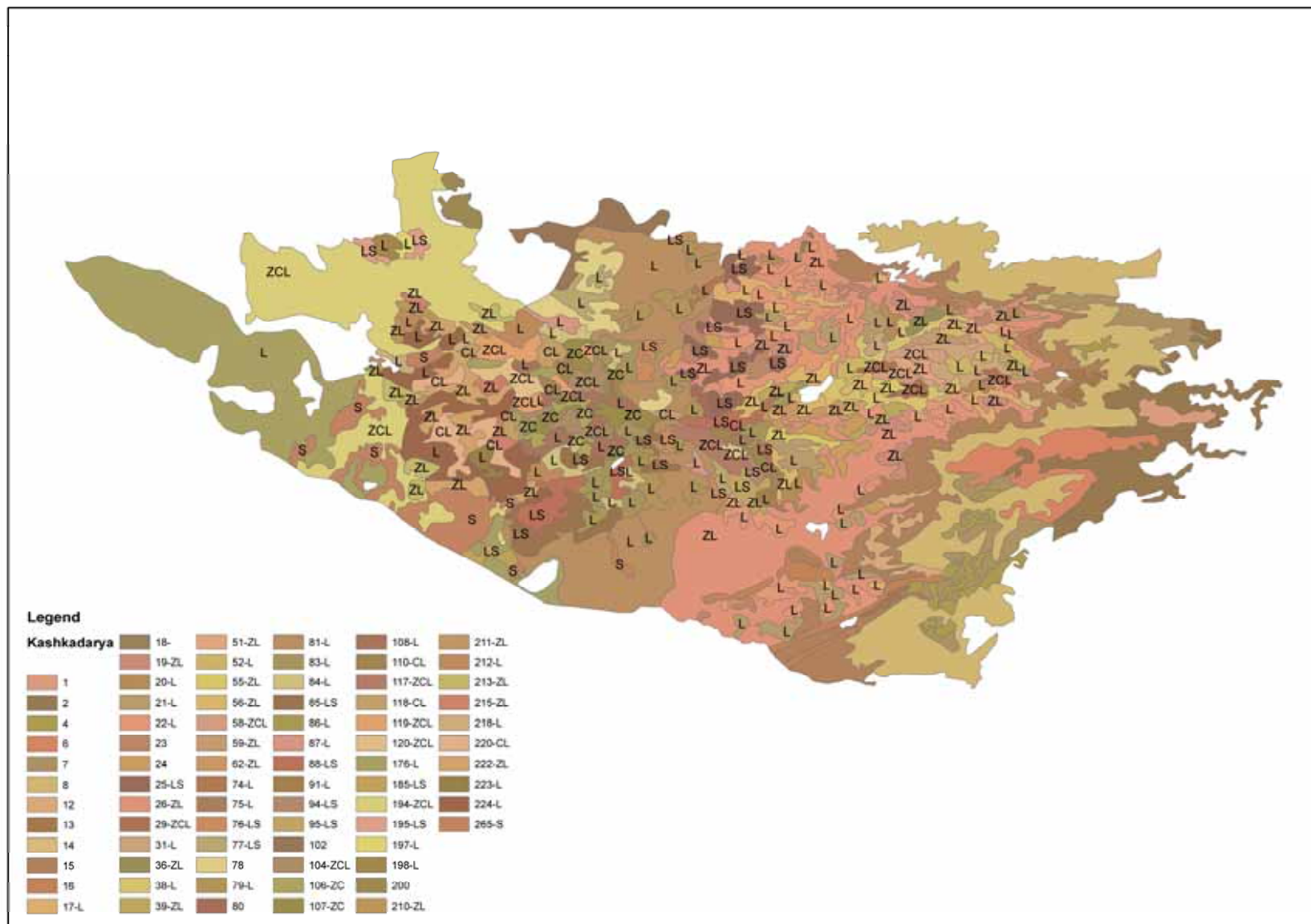


Рис. 7. Карта гранулометрического состава почв, Кашкадарьинская зона планирования

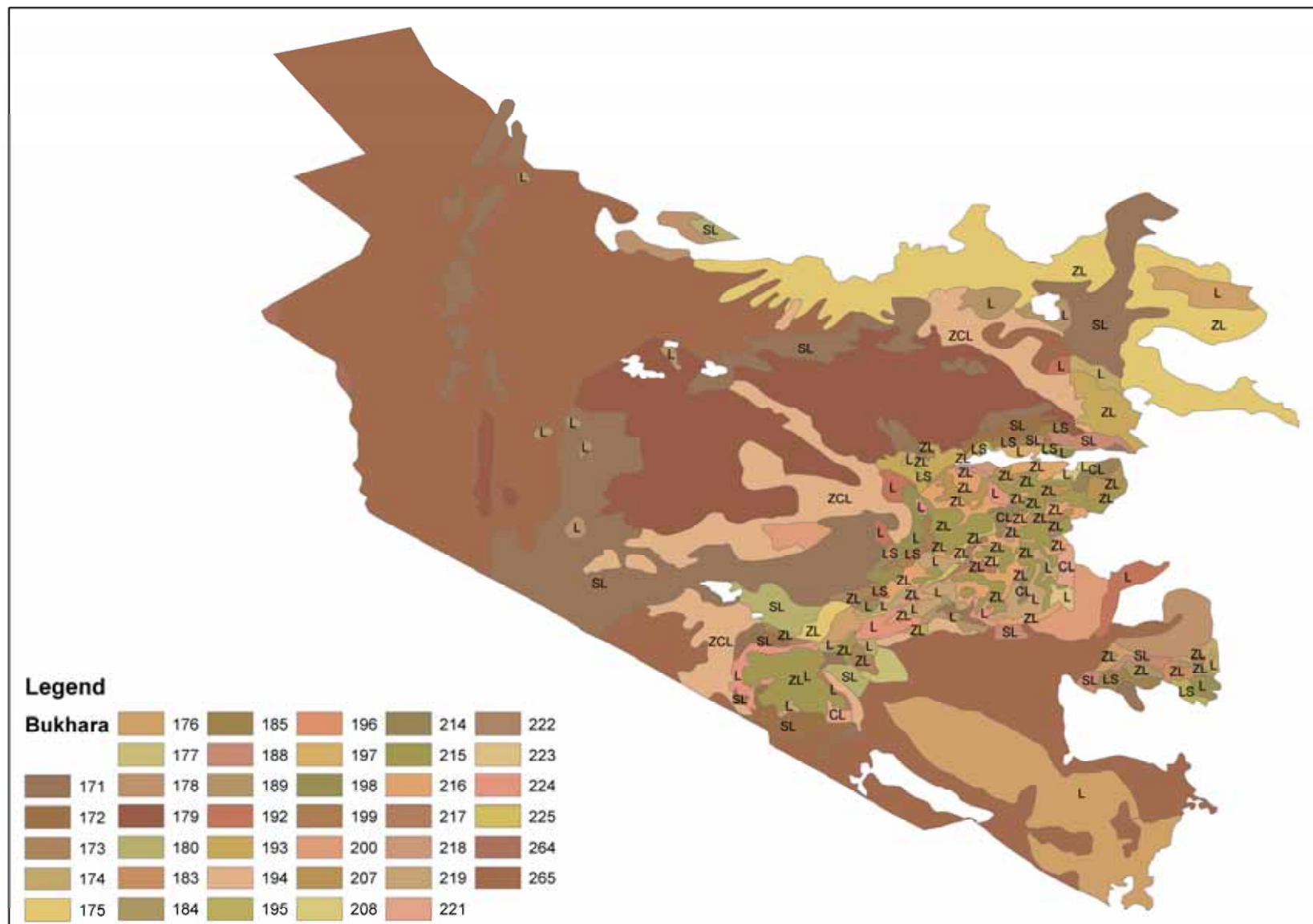


Рис. 8. Карта гранулометрического состава почв, Бухарская зона планирования

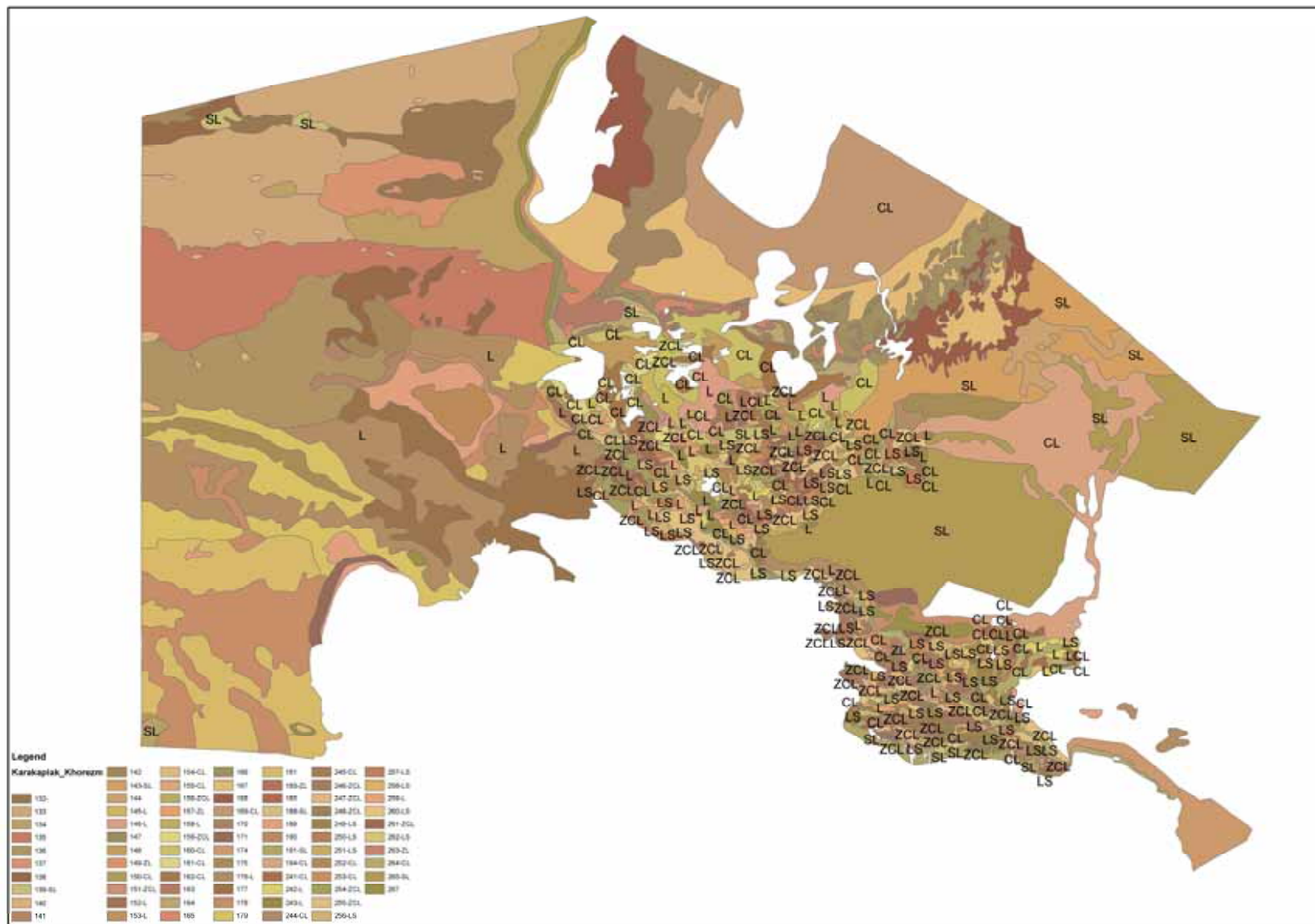


Рис. 9. Карта гранулометрического состава почв, Хорезмская зона планирования

10. РАЗНОС ДЕКАДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГВ ПО ЗП УЗБЕКИСТАНА

Поскольку УГВ зон планирования Узбекистана задан в виде декадных среднерайонных значений, разноска УГВ по ячейкам осуществлялась ГИС-методами (пакет MapWinGis).

11. РАЗБИВКА ЯЧЕЕК РАБОЧЕЙ СЕТКИ ПОЧВЕННОЙ КАРТОЙ УЗБЕКИСТАНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФОРМУЛЫ ХАРЧЕНКО. РАСЧЕТ ПОДПИТКИ ИЗ ГВ

Аналогично производится разбивка ячеек рабочей сетки почвенной картой.

В результате этих двух операций рабочая ячейка разбивается на 1 - 4 части с уникальным значением УГВ и типом почвы (классификация ФАО). По типу почвы и подбираются коэффициенты **a** и **b** формулы Харченко. Для каждой культуры определяется глубина корневой зоны на момент определения подпитки из ГВ. После этого рассчитывается реальная подпитка из ГВ.

12. ДЛЯ ВСЕХ С/Х КУЛЬТУР ПРОЕКТА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАРТОВЫХ СУММ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Учет изменения климата в водопотреблении с/х культур производился на основании потребностей с/х культур в тепле. Конкретно, для прохождения каждой фазы развития растению необходим набор определенной суммы эффективных температур. Эффективная температура определяется как разность между среднесуточной температурой и температурой начала вегетации. Для реализации такого подхода необходимо было определить сумму эффективных температур для 25 с/х культур, выбранных для проекта.

Данные по культурам извлекались из справочников и из интернета. Все данные собирались в специальной таблице, фрагмент которой представлен в **ПРИЛОЖЕНИИ 1**.

13. РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПЕРЕСЧЕТА ДАТ СЕВА И ПЕРИОДОВ РАЗВИТИЯ С/Х КУЛЬТУР, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Алгоритм строится на определении момента, когда среднесуточная температура воздуха в течение четырех дней подряд \geq температуре сева культуры. Далее подсчитывается сумма эффективных температур первого периода, затем второго, третьего и четвертого периодов. Расчет производился для каждого года из интервала 2000 - 2050 гг. для каждой из культур проекта. Исключение составили лишь пшеница и люцерна. Для люцерны рассматривались суммы эффективных температур на каждый укос. У пшеницы же из рассмотрения исключался период с температурой < 5 градусов. Для повторных культур игнорировался первый период на рисе, поскольку предполагалось высаживать рис рассадой, и последний период кукурузы на силос, поскольку уборка кукурузы производилась по достижению початков молочной спелости.

14. СПИСОК РАССМАТРИВАЕМЫХ С/Х КУЛЬТУР

Для расчета водопотребления в проекте выбраны следующие культуры:

1. Хлопчатник
2. Пшеница озимая
3. Рис
4. Кукуруза на зерно
5. Овощные: картофель, томаты, корнеплоды, бобовые, бахчевые
6. Садовые: фруктовые сады и виноградники
7. Кормовые: кукуруза на силос, люцерна
8. Прочие: масличные, сахарная свекла
9. Приусадебные участки
10. Бобовые - повторные
11. Овощи повторные
12. Кукуруза на силос
13. Рис - повторные
14. Свекла - повторные
15. Картофель - повторные
16. Бахча - повторные

Расчет водопотребления проводился для каждой культуры, после чего ряд культур был объединен в группы овощные, садовые, кормовые, прочие и повторные. Процент площадей под каждой культурой в группе был принят пр данным Хорезмской ЗП.

15. ГРУППИРОВКА С/Х КУЛЬТУР

В статистической отчетности в республике УЗБЕКИСТАН принято выделять основные культуры (хлопчатник, озимая пшеница, кукуруза на зерно и рис), и группы(табл.2):

1. **Овощные** - бобовые, томаты, картофель, дыня, арбуз, тыква.
2. **Плодово-ягодные** - виноград, сады.
3. **Кормовые** - люцерна, кукуруза на силос.
4. **Прочие** - подсолнечник, сахарная свекла, соя.
5. **Повторные** - В повторные культуры входят с/х культуры, успевающие созреть за период от уборки урожая пшеницы до конца вегетации. Для каждого региона набор повторных культур может быть своим. В нашем случае повторными культурами являются бобовые, картофель, сахарная свекла, бахчевые, кукуруза на силос (урожай снимается по достижению початков молочной спелости), рис (посадка ведется с помощью рассады).

Поскольку выбор повторных культур и площадей, ими засеянных, может быть произвольным, в данной работе было принято распределение площадей в Хорезмской зоне планирования:

Таблица 2

Состав культур по группам

№№	Культура	Площадь, тыс.га	%
1	Овощи		
	Арахис	0	0.00
	Бобовые	5.956	22.76
	Томаты	8.936	34.14
	Картофель	5.18	19.79
	Сладкая дыня	3.66	13.98
	Арбуз	0.61	2.33
	Тыква большая	1.83	6.99
2	Сады и виноград		
	Виноград столовый	2.32	17.03
	Сады	11.3	82.97
3	Кормовые		
	Люцерна Осредненная	2.84	40.00
	Кукуруза на силос	4.26	60.00
4	Прочие		
	Подсолнечник	5.9	45.00
	Сахарная свекла	2.6	20.00
	Соя	4.59	35.00

Алгоритм построен таким образом, что в случае отсутствия каких либо культур из приведенных здесь групп происходит автоматический пересчет процентного состава оставшихся в группах культур с нормировкой суммы процентов в каждой группе к 100. Например, в группе ПРОЧИЕ не выращивалась соя. Тогда процент площади под подсолнечником увеличится в $k = 100/65 = 1.538$, т.е. будет равен 69.24 %. Соответственно площадь под сахарной свеклой увеличится до 30.76 %.

16. ОБЗОР ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты расчетов водопотребления, полученные на основании применения модели REMO, позволяют утверждать, что в общем случае биологическое водопотребление культур несколько уменьшится. Кроме того, дата сева сместится к началу года.

Поскольку суходольный рис в республиках Средней Азии практически не возделывается, водопотребление риса рассчитывалось с учетом заполнения чеков водой. Это существенно увеличило водопотребление риса.

Описание алгоритма расчета водопотребления риса

Технология возделывания риса предполагает затраты воды на заливку чеков до определенной толщины водного слоя, и поддержание уровня воды в чеках на определенном уровне. Потери воды в чеке определяются испарением воды (что

учитывается эвапотранспирацией риса) и фильтрацией воды в почву. В общем, баланс воды в рисовом чеке определяется следующим образом:

$$dW = GL - ETo * Kc - Filt + Rain \quad (8)$$

где

dW - количество воды, которое необходимо подавать в чек для поддержания уровня **GL**

GL - заданный на период уровень воды в чеке, который необходимо поддерживать

ETo - этаонная эвапотранспирация

Kc - средний за период коэффициент культуры (риса)

Filt - фильтрация за период

Rain - осадки за период

Величина **Filt** рассчитывается по закону Дарси:

$$Filt = Kf * (dH / l) \quad (9)$$

где

Filt - фильтрационные потери

Kf - коэффициент фильтрации

dH - уровень воды в чеке

l - уровень залегания грунтовых вод

В почве существуют два противоположных вертикальных потока влаги - фильтрация и капиллярное поднятие. Замеряемый коэффициент фильтрации учитывает оба потока, поэтому величина капиллярного поднятия в формуле баланса воды в чеке не фигурирует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, к расчету водопотребления подготовлен весь имеющийся в наличии материал. ЗП Узбекистана рассчитаны с учетом подпитки из ГВ, ЗП Туркмении будут рассчитаны с учетом подпитки из ГВ. Таджикские ЗП будут рассчитаны либо без учета подпитки из ГВ, либо с подпиткой, если удастся собрать соответствующий материал - почвенные карты и УГВ.

Результаты расчетов по ЗП Узбекистана переданы заказчику и помещены в БД проекта.

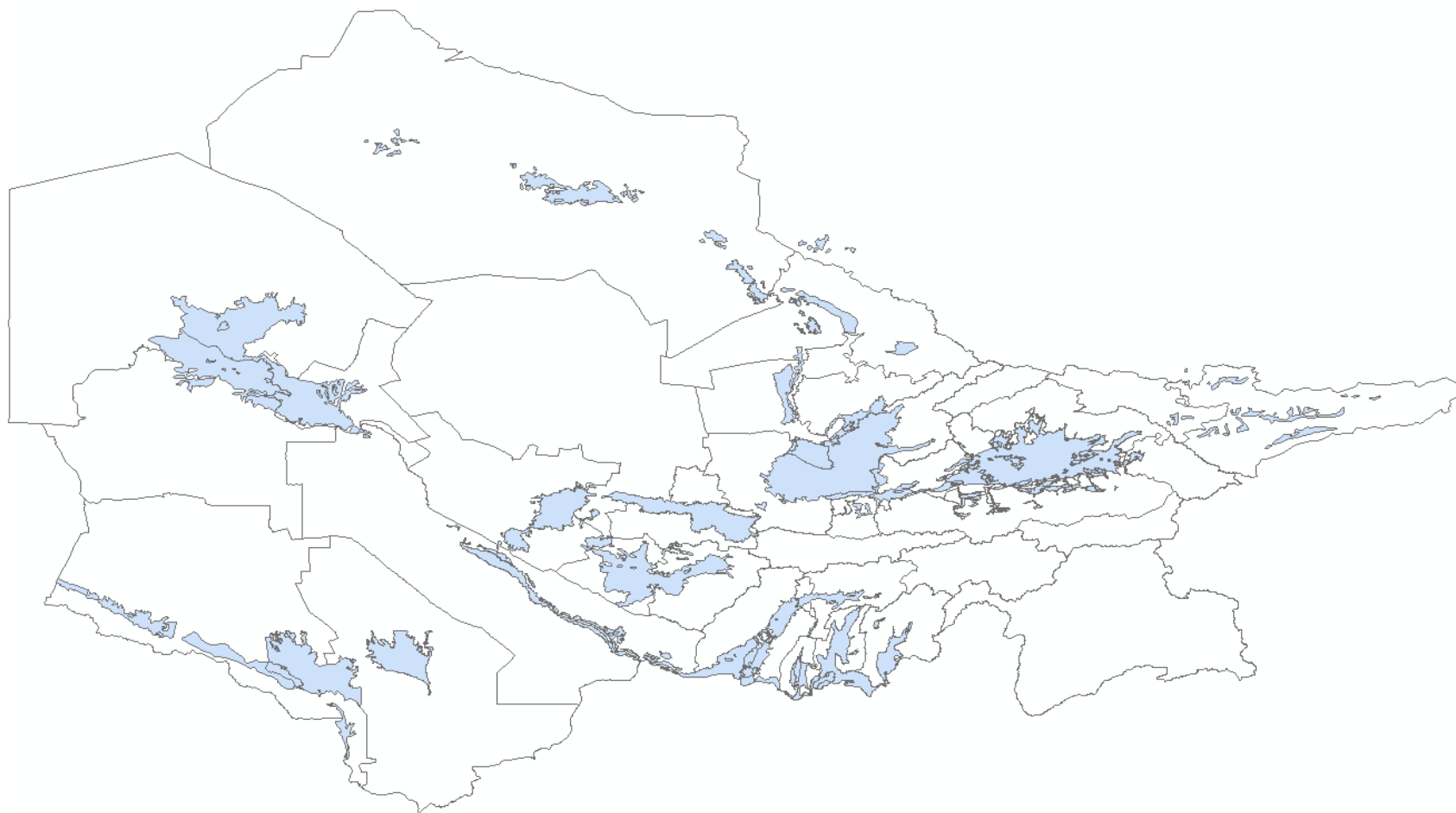
ПРИЛОЖЕНИЯ

Суммы эффективных температур по периодам развития с/х культур

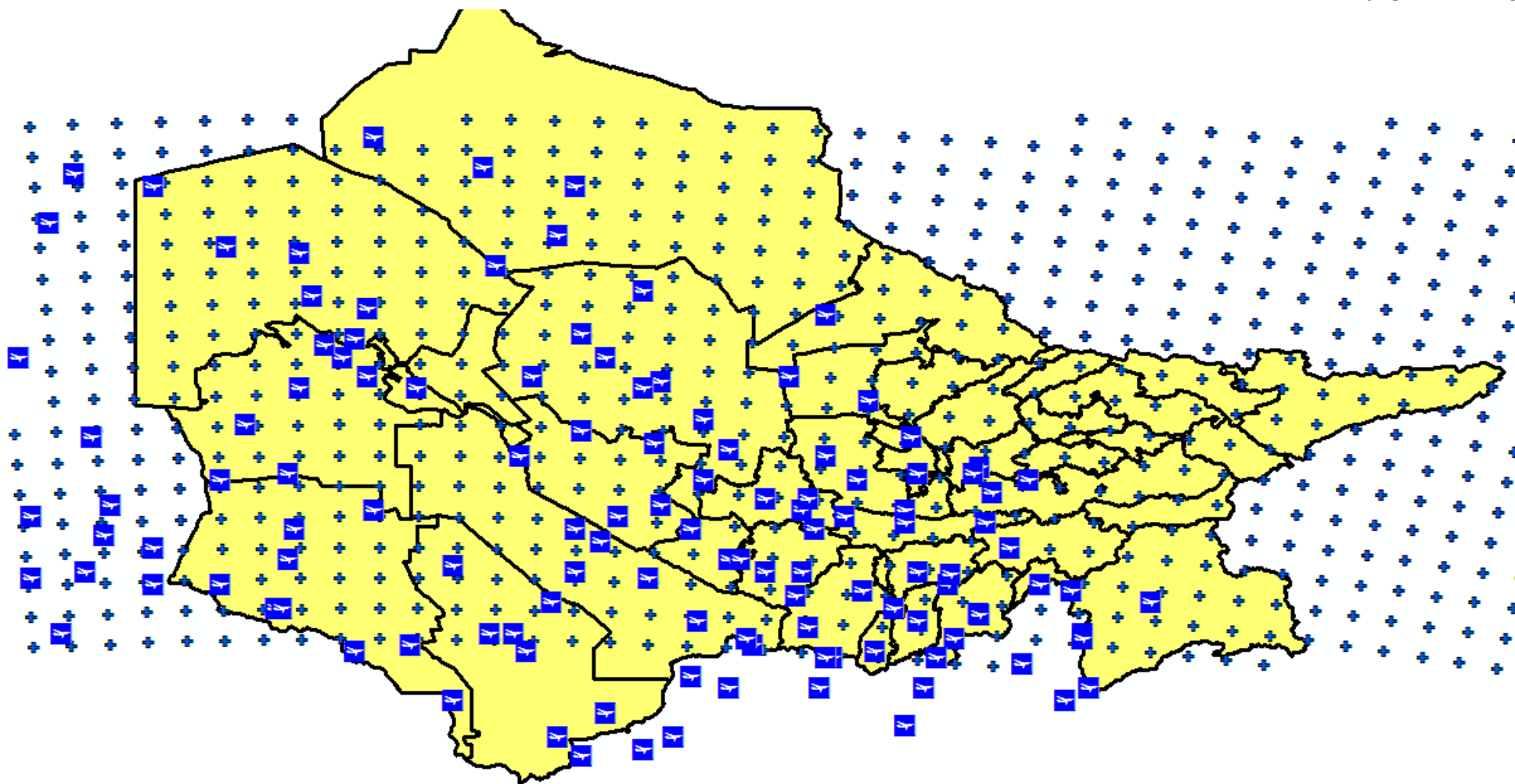
CropID	2	T сева	T вегетации	СЭТ инициализации	СЭТ развития	СЭТ набора урожая	СЭТ созревания	СЭТ укоса
1	Арахис	12.00	12	81.17	295.99	621.56	389.07	0
4	Бобовые	12.00	12	29.48	199.03	463.92	306.29	0
7	Виноград столовый	10.00	10	134.03	723.47	698.27	916.35	0
9	Капуста	10.00	10	6.01	196.64	268.11	204.29	0
10	Картофель	10.00	10	97.14	279.93	645.36	533.34	0
11	Кукуруза на зерно	10.00	10	64.43	312.65	562.27	527.26	0
13	Люцерна	5.00	8	350.00	350.00	350.00	350.00	350
15	Мелкие овощи	9.00	10	110.49	246.65	414.51	251.05	0
16	Морковь	10.00	10	64.43	370.54	945.89	344.56	0
18	Подсолнечник	10.00	10	37.96	280.83	620.56	441.51	0
20	Пшеница озимая	5.00	5	0.00	0.00	82.95	178.35	0
22	Сахарная свекла	10.00	10	134.03	498.38	1467.89	172.71	0
24	Сладкая дыня	15.00	15	95.30	227.80	595.27	335.47	0
25	Сладкий перец	10.00	10	134.03	428.93	639.44	353.37	0
26	Сорго	10.00	10	64.43	312.65	645.36	533.34	0
28	Соя	10.00	10	64.43	254.36	883.61	439.81	0
30	Тыква большая	13.00	13	97.20	295.89	309.68	222.25	0
31	Томаты	12.00	12	147.59	408.58	755.26	414.38	0
32	Арбуз	15.00	15	71.03	205.55	322.63	381.53	0
36	Хлопок ранний	10.00	10	85.00	420.00	450.00	730.00	0
37	Хлопок средний	10.00	10	100.00	460.00	500.00	880.00	0
38	Хлопок поздний	10.00	10	100.00	500.00	550.00	1060.00	0
39	Кукуруза на силос	10.00	10	97.14	337.83	587.46	17.83	0
40	Рис	15.00	10	270.00	620.00	640.00	250.00	0

CropID	2	Т сева	Т вегетации	СЭТ инициализации	СЭТ развития	СЭТ набора урожая	СЭТ созревания	СЭТ укоса
41	Ранний Рис	10.00	10	210.00	480.00	400.00	210.00	0
42	Поздний Рис	10.00	10	350.00	770.00	920.00	280.00	0
51	Сады	5.00	8	52.14	250.00	800.00	1500.00	0
53	Кустарник	5.00	10	2709.65	743.64	269.45	441.98	0
204	Бобовые-повторная	10.00	10	322.70	199.03	463.92	306.29	0
210	Картофель-повторная	10.00	10	97.14	279.93	645.36	533.34	0
222	Свекла-повторная	10.00	10	134.03	498.38	1467.89	172.71	0
224	Бахча-повторная	10.00	10	95.30	227.80	595.27	335.47	0
231	Овощи-повторная	10.00	10	147.59	408.58	755.26	414.38	0
239	Кукуру-силос-повторная	10.00	10	97.14	337.83	587.46	0.00	0
240	Рис-повторная	10.00	10	1.00	620.00	640.00	250.00	0
1000	Усадьбы	12.00	12	0.35	0.20	0.16	0.23	0

ОРОШАЕМЫЕ ЗЕМЛИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

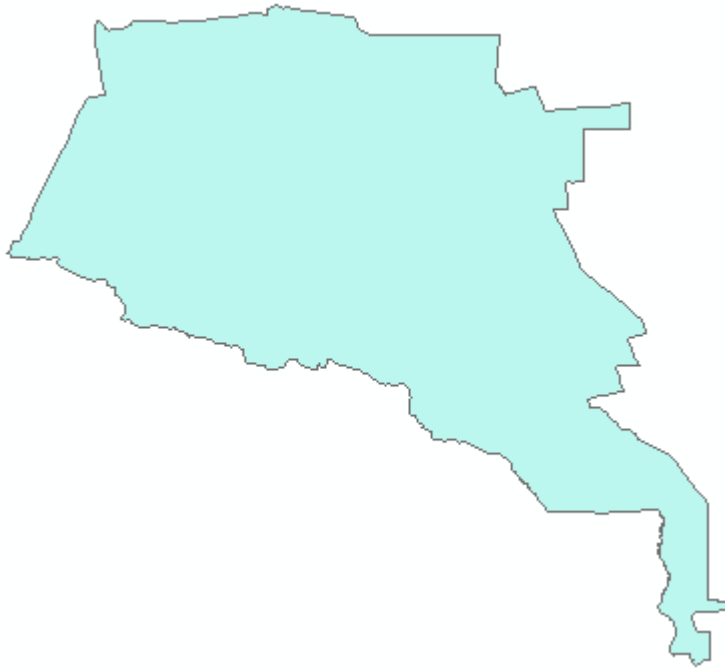


- Зоны орошаемого земледелия Не закрашенные контуры - Зоны Планирования

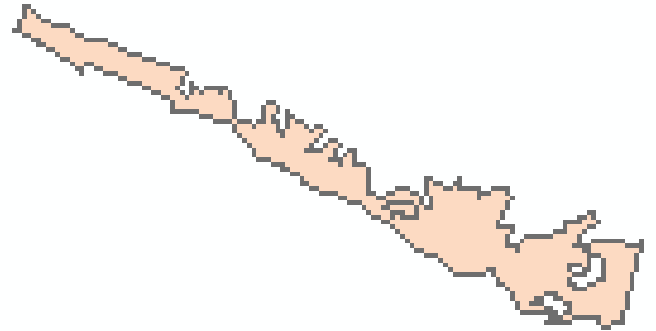


- ✚ - Узлы модели REMO
- M - Авиационные метеостанции
- - Контуры зон планирования

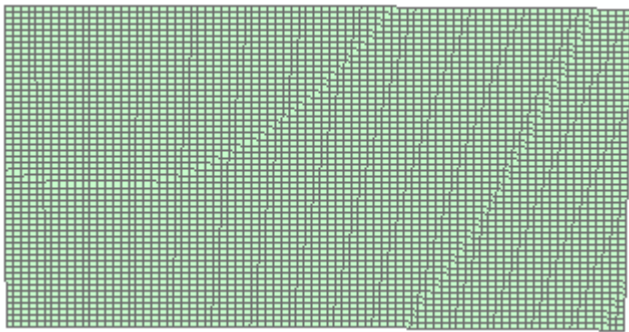
ОБЪЕКТ АХАЛ-1



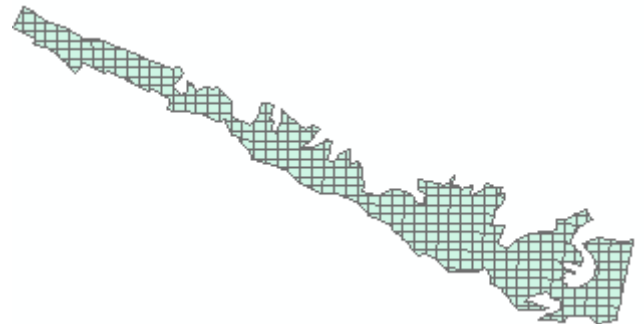
ЗП Ахал



Орошаемая часть ЗП-1

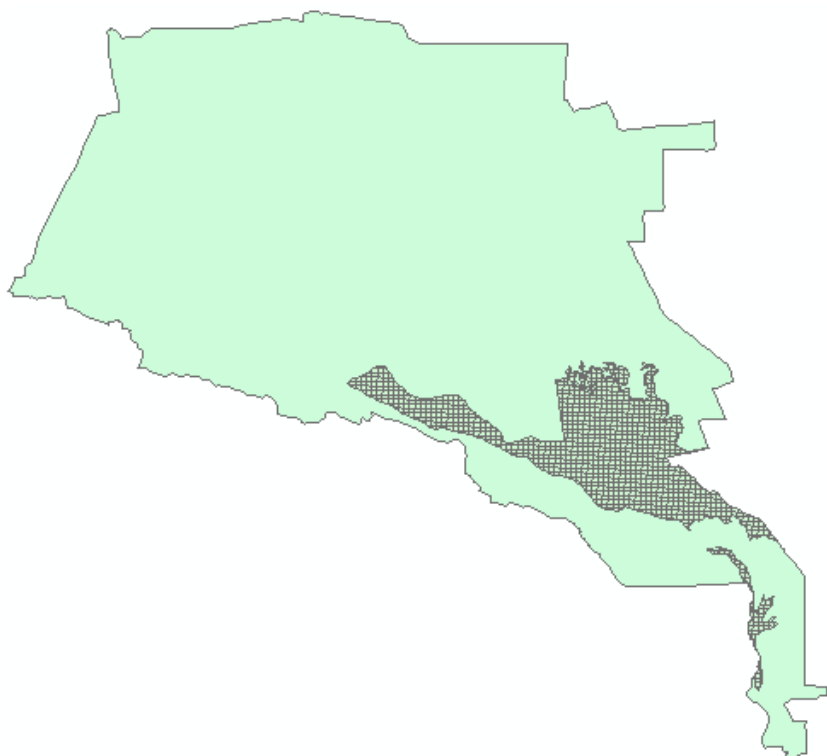


Рабочая матрица ЗП



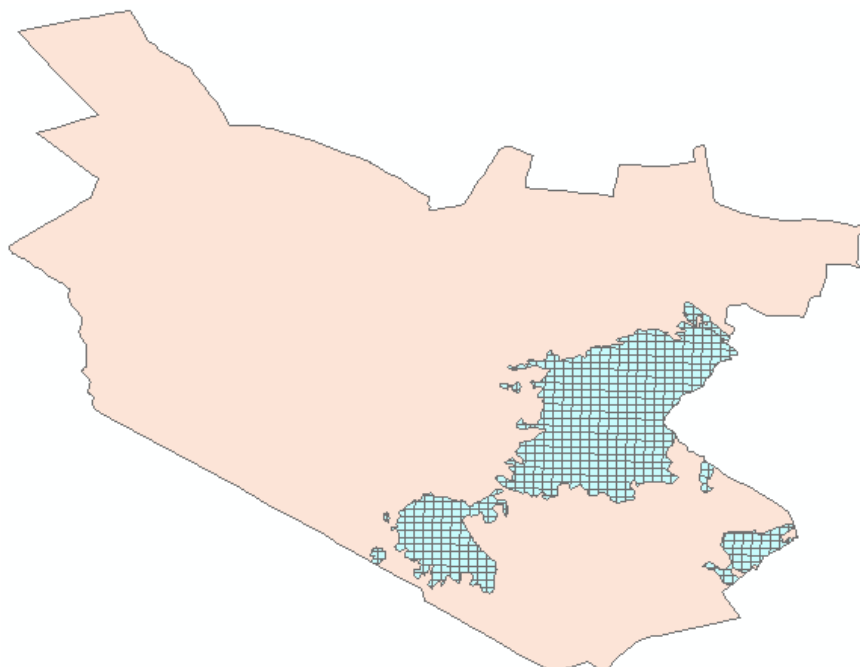
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ АХАЛ-2



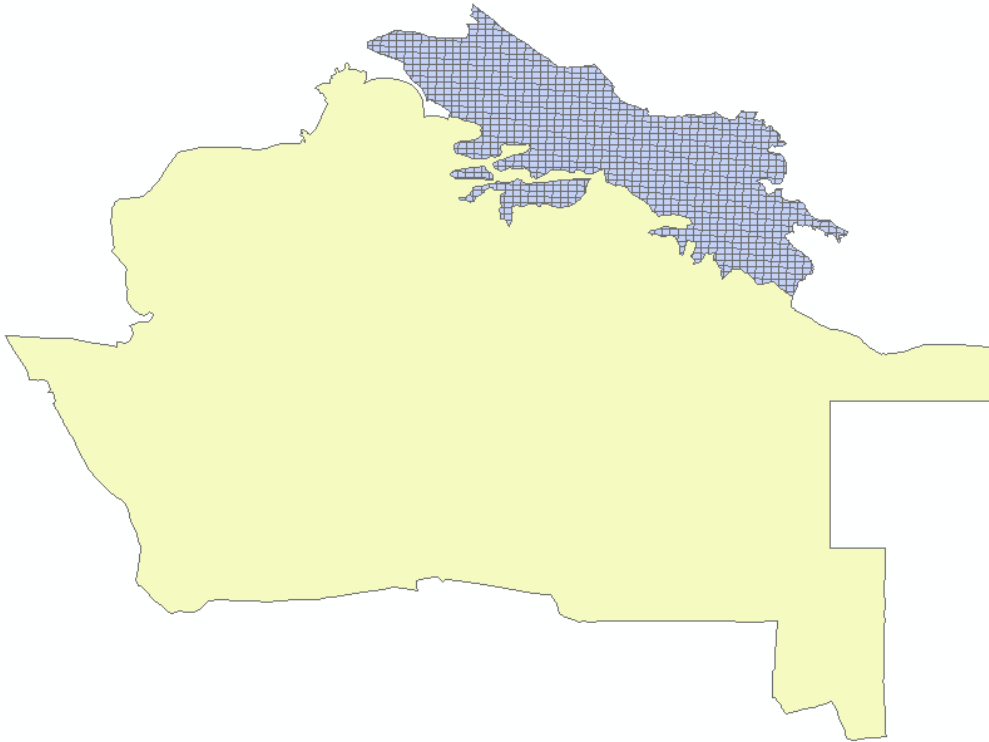
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ БУХАРА



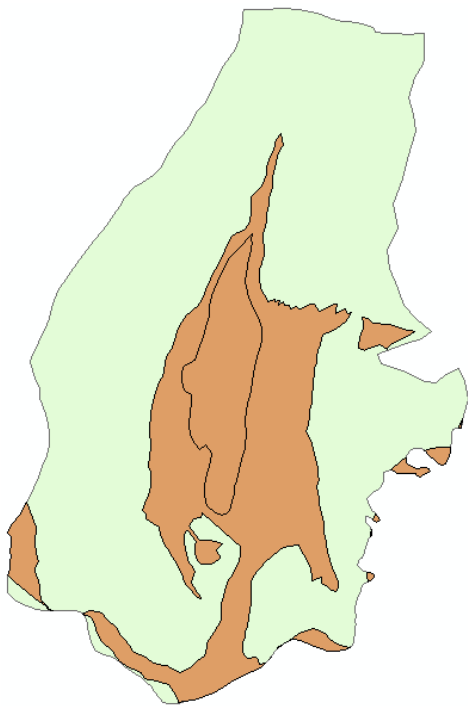
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ДАШОГУЗ



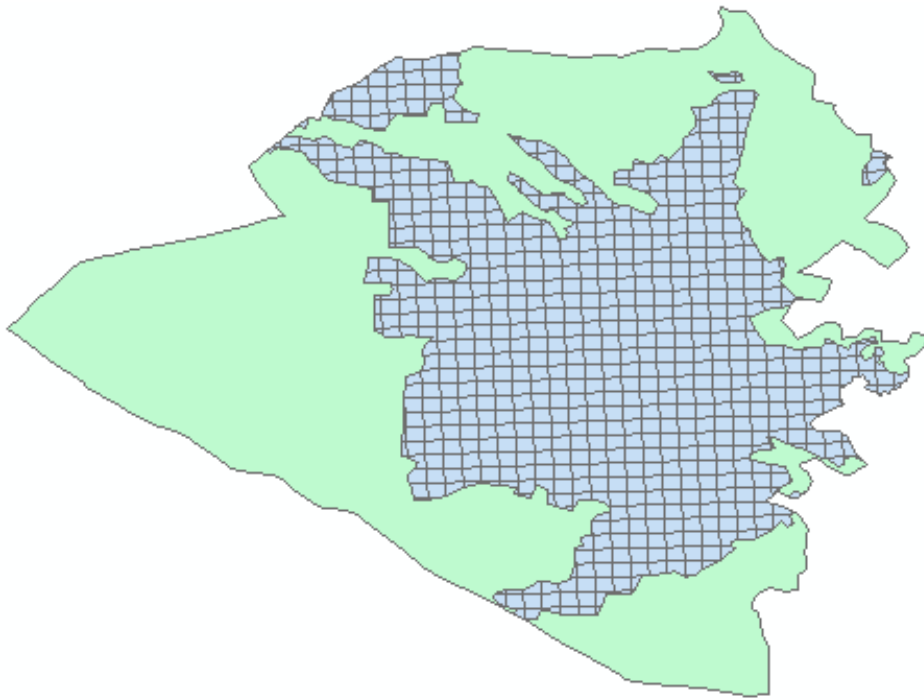
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ НИЖНИЙ КАФИРНИГАН



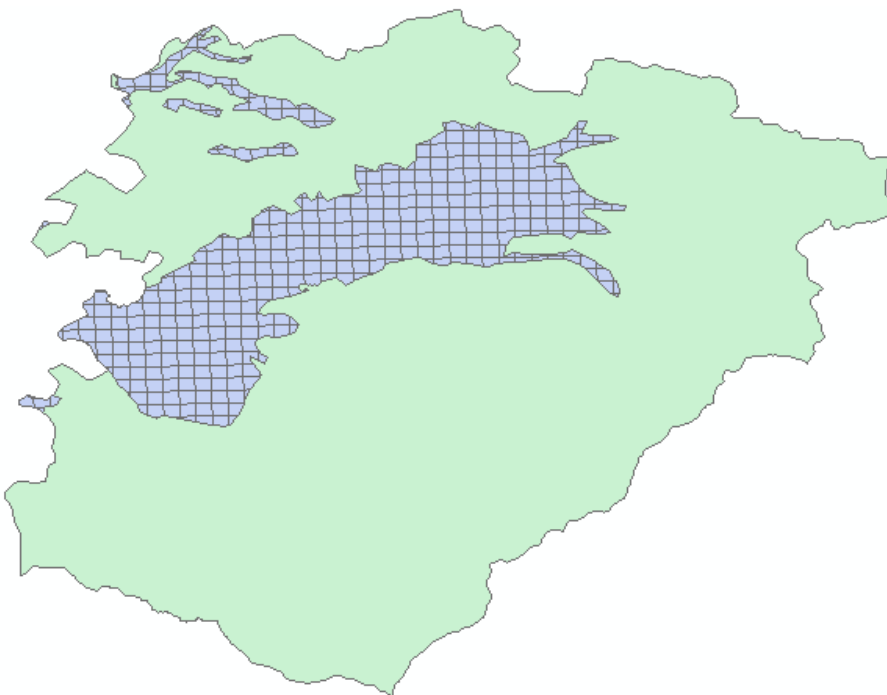
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ КАРШИ



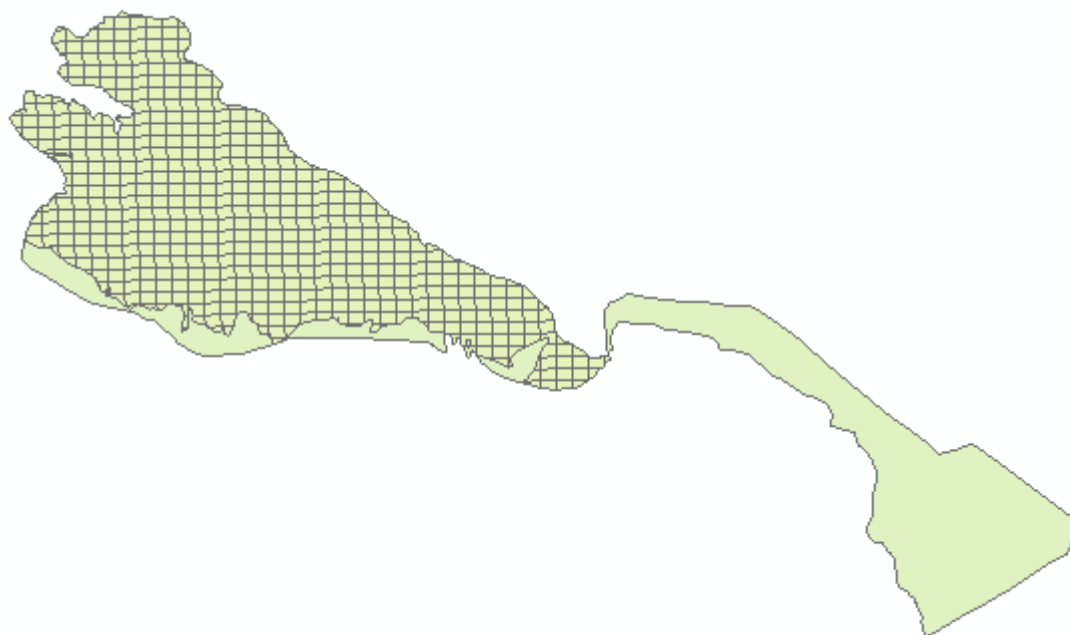
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ КАШКАДАРЬЯ



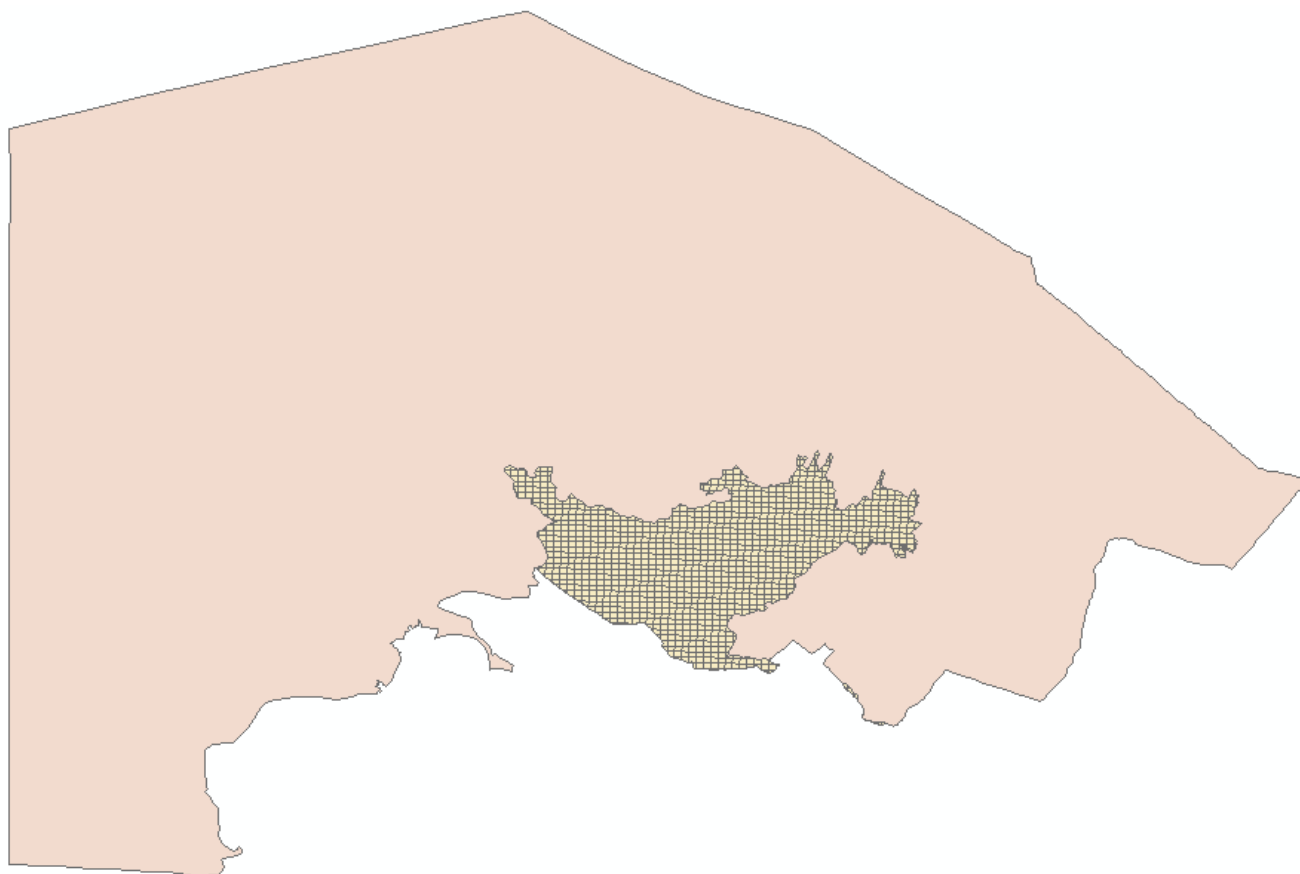
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ХОРЕЗМ



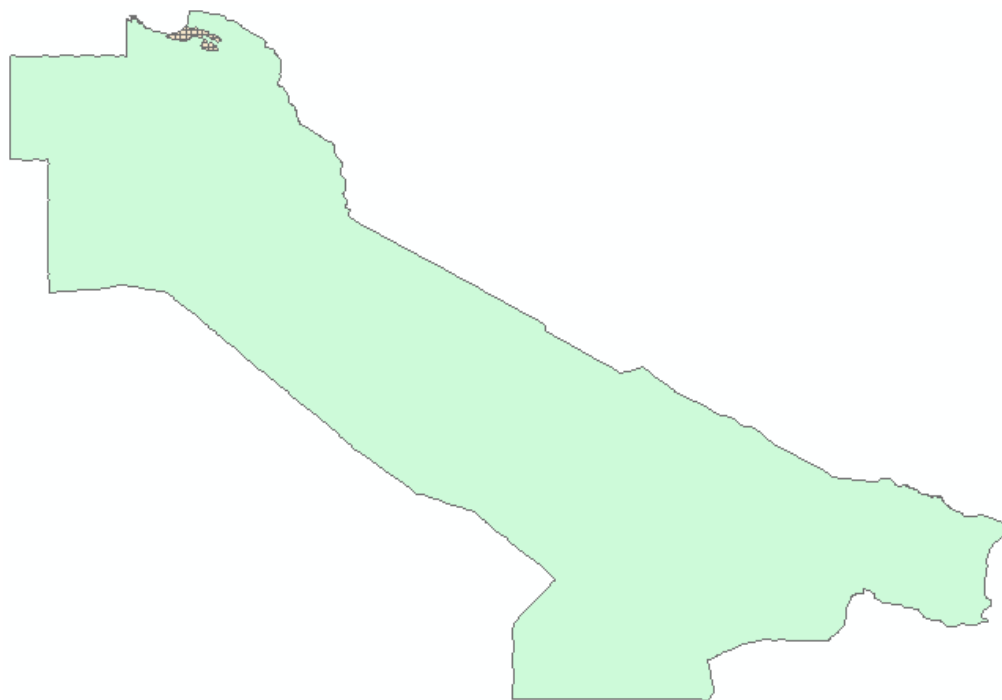
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ КАРАКАЛПАКИЯ



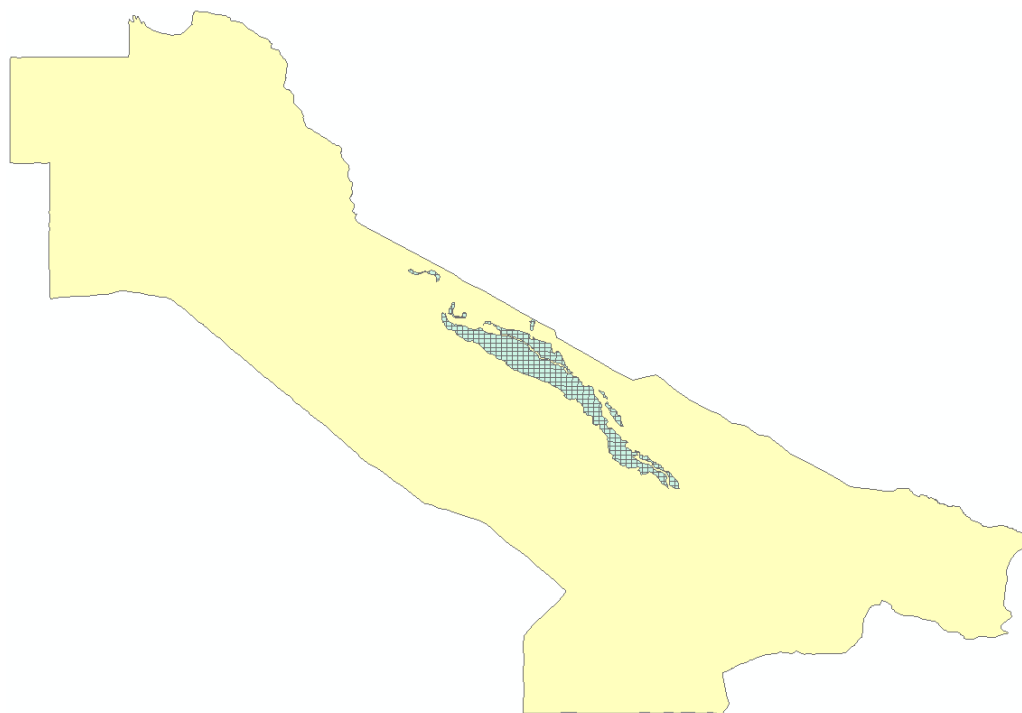
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ЛЕБАП-1



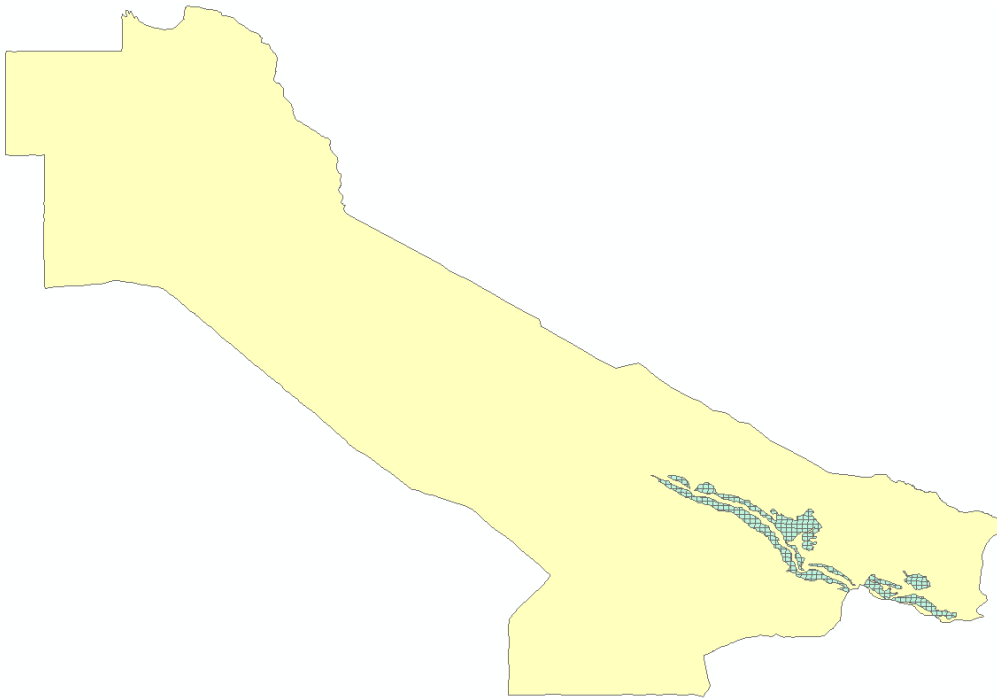
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ЛЕБАП-2



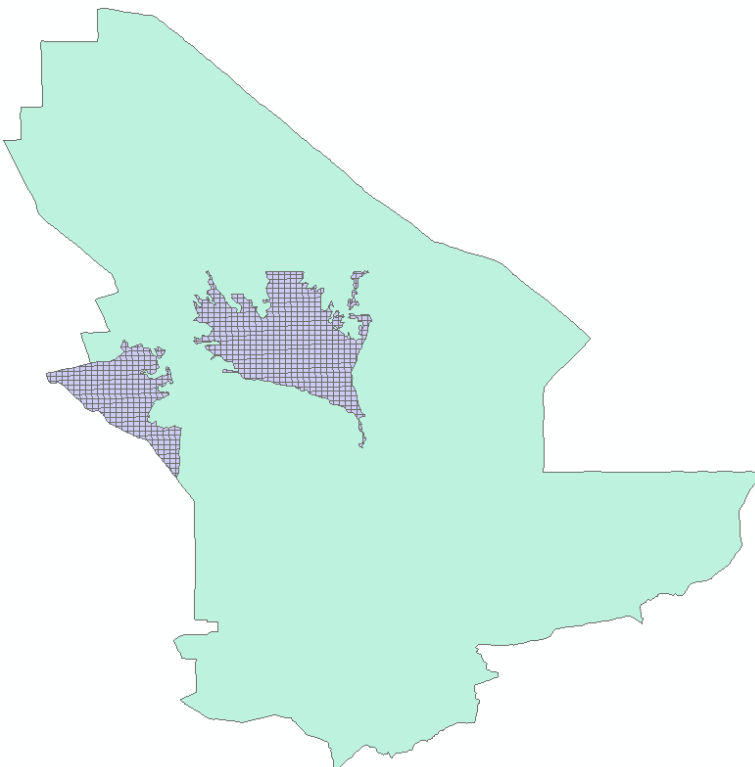
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ЛЕБАП-3



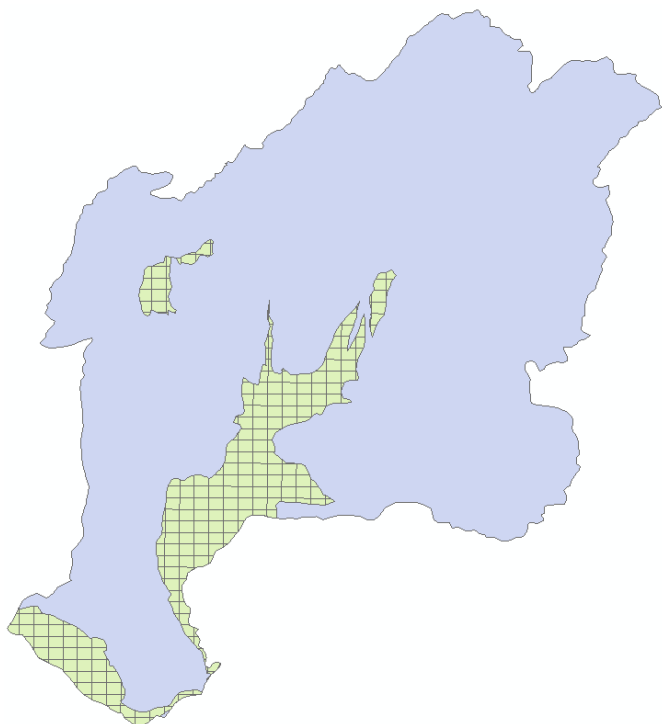
Орошаемая я часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ МАРЫ



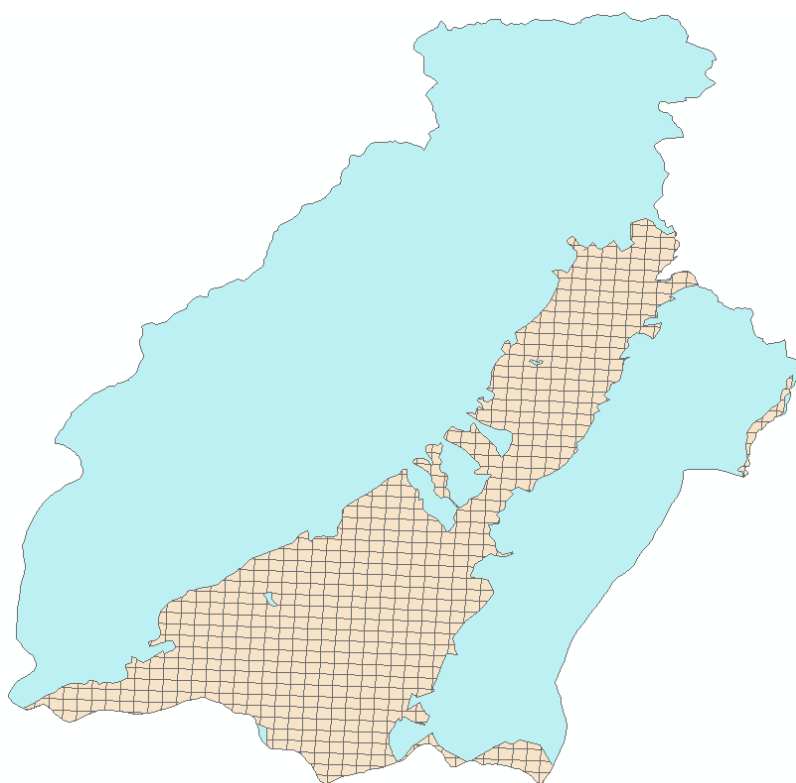
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ПЯНДЖ



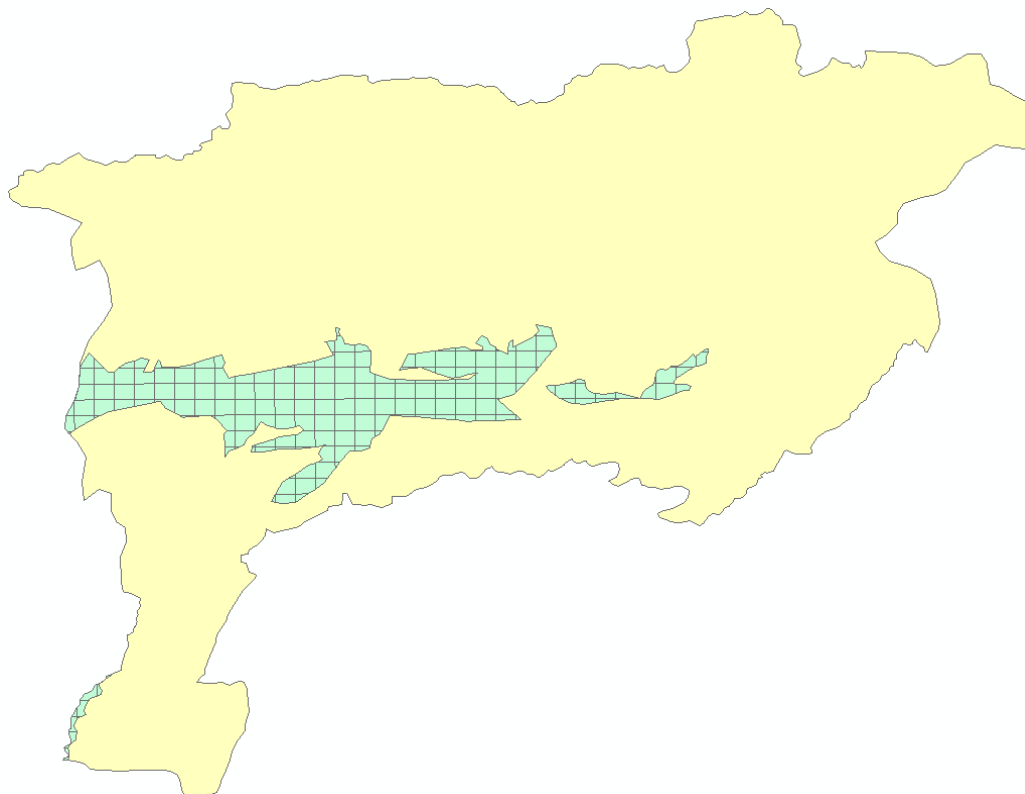
Орошаемая Рабочая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ СУРХАНДАРЬЯ



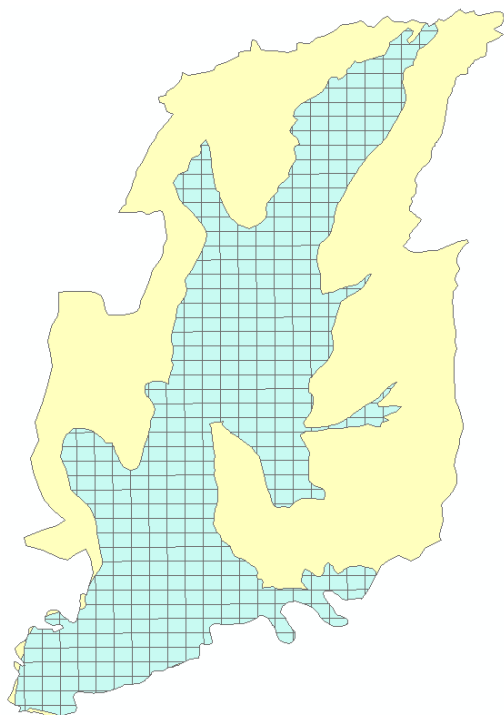
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ВЕРХНИЙ КАФЕРНИГАН



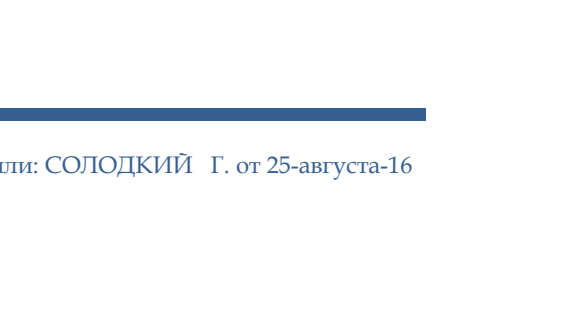
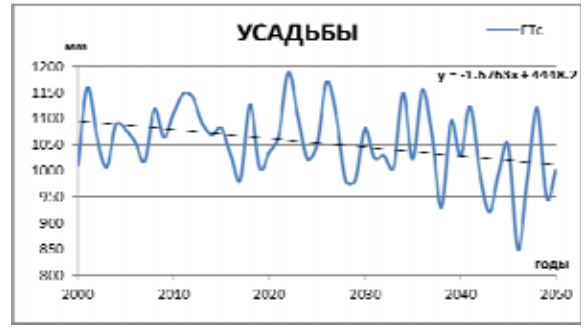
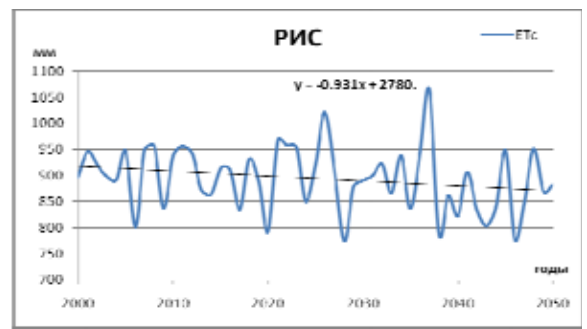
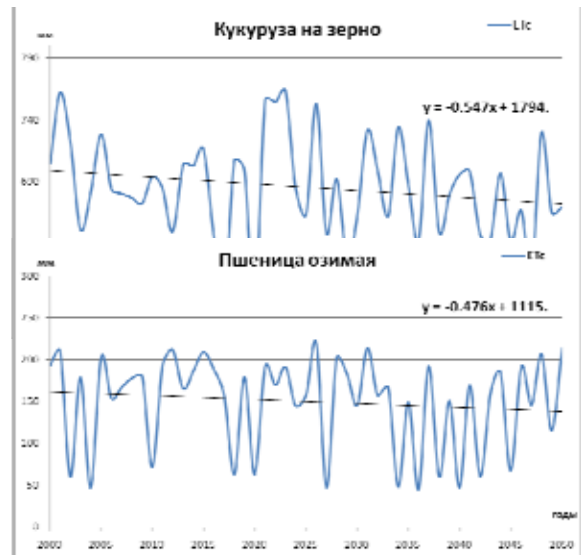
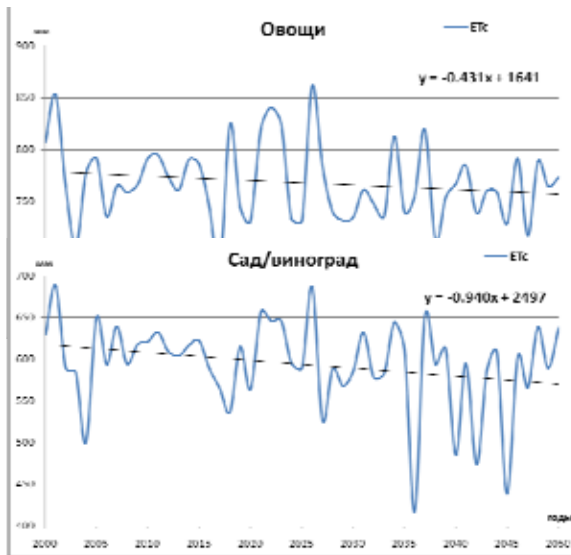
Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

ОБЪЕКТ ВАХШ

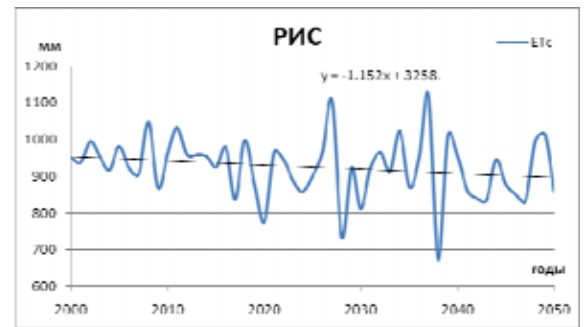


Орошаемая часть ЗП, разбитая рабочей матрицей

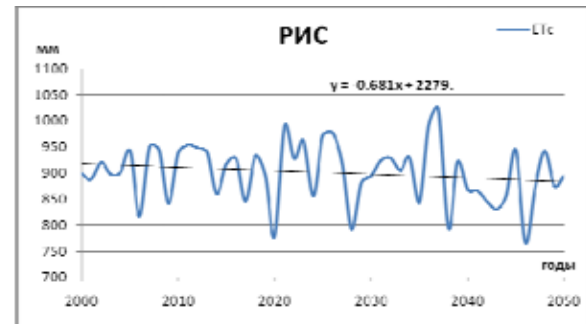
ЗП ХОРЕЗМ Изменение оросительной нормы культур в мм



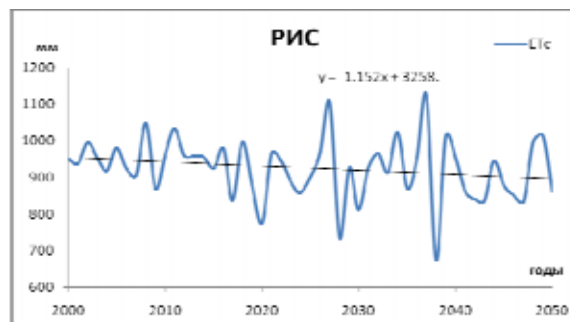
ЗП БУХАРА Изменение оросительной нормы культур в мм



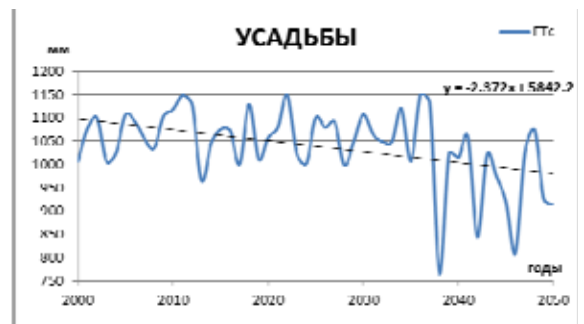
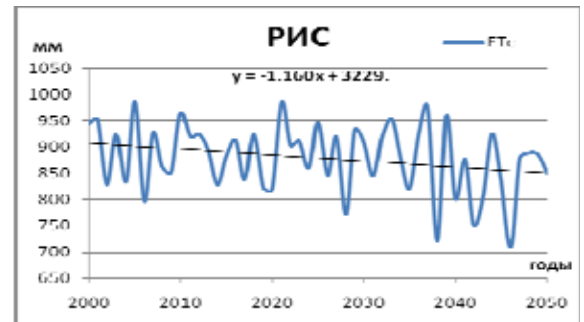
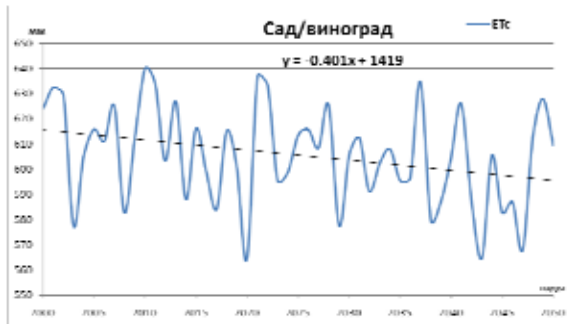
ЗП СЕВ. КАРАКАЛПАКСТАН Изменение оросительной нормы культур в мм



ЗП КАРШИ Изменение оросительной нормы культур в мм



ЗП КАШКАДАРЬЯ Изменение оросительной нормы культур в мм



ЗП СУРХАНДАРЬЯ Изменение оросительной нормы культур в мм

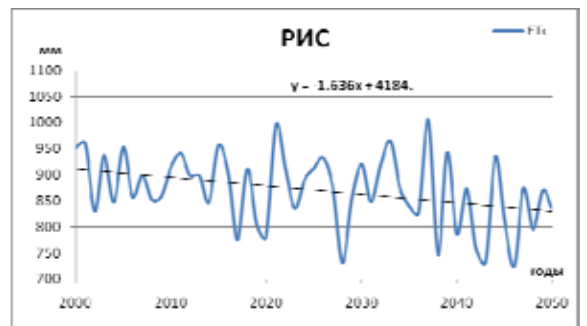
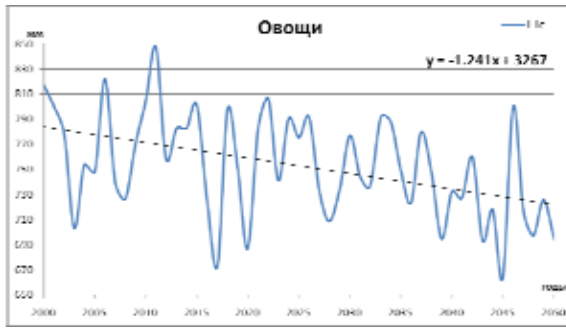


Таблица среднего "чистого - ЕТс" водопотребления (м³/га) культур и групп и его изменения за период 2000 - 2050 гг.

	Каракалпакстан		Хорезм		Бухара		Карши		Кашкадарья		Сурхандарья	
	Среднее	Прирост	Среднее	Прирост	Среднее	Прирост	Среднее	Прирост	Среднее	Прирост	Среднее	Прирост
Кукуруза/зерно	6898	-313	6854	-279	7099	-323	6763	-305	6723	-555	6681	-638
Пшеница озимая	1745	-141	1500	-243	2068	184	1809	275	1789	169	1800	202
Хлопок	6898	-313	10267	-702	10083	-379	10148	-675	10123	-1013	10002	-1244
Рис	9008	-347	8940	-470	9252	-588	8814	-500	8794	-592	8710	-830
Овощи	7743	-161	7681	-220	7843	-343	7595	-251	7585	-409	7530	-633
Сад/виноград	6158	-281	5939	-479	6506	-281	6069	-120	6055	-204	6038	-232
Корма	6561	-202	6422	-473	6856	-293	6407	-135	6428	-301	6375	-436
Прочие	5970	36	5915	-27	6273	-286	5870	108	5861	-39	5817	-241
Повторные	5816	-287	5763	-324	5922	-305	5687	-350	5655	-378	5647	-571
Усадьбы	10601	-759	10540	-855	9979	-482	10470	-859	10390	-1210	10250	-1505

Примечание 1: Алгоритм расчета водопотребления озимой пшеницы требует доработки. Предполагается завершить его в следующем году.

Примечание 2: Водопотребление приусадебных участков взято как водопотребление томатов.