

**«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**

Шестнадцатая Всероссийская открытая конференция  
г. Москва, 12 - 16 ноября 2018 г. Институт космических исследований РАН

**Оперативное решение задач космического мониторинга  
зерновых культур в Южном Казахстане на основе  
данных Sentinel-2, Landsat-8, PlanetScope**

Карабкина Н.Н. (1), Бекмухамедов Н.Э. (1), Долбня О.В. (1), Арыстанов А.А. (1), Айсарова А.С. (1),  
Арыстанова Р. (1), Курбанова Р.А. (1), Искаков Р.Т. (1)  
(1) АО "Национальный центр космических исследований и технологий" (АО "НЦКИТ"),  
Алматы, Казахстан



Космический мониторинг с/х полей охватывает земледельческие районы *Алматинской, Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской* областей, где возделываются посевы различных сельскохозяйственных культур в богарных и орошаемых условиях.

*Перечень услуг по космическому мониторингу озимых и ранних яровых зерновых культур в Южном Казахстане в 2018 г.:*

1. Спутниковая оценка посевных площадей яровых и озимых сельскохозяйственных культур;
2. Спутниковая оценка площадей паровых полей;
3. Спутниковая оценка засоренности посевов зерновых культур;
4. Спутниковая оценка состояния озимых и яровых зерновых культур;
5. Спутниковый прогноз урожайности зерновых культур;
6. Спутниковый контроль сроков и площадей уборки озимых и яровых зерновых культур (включая рис);

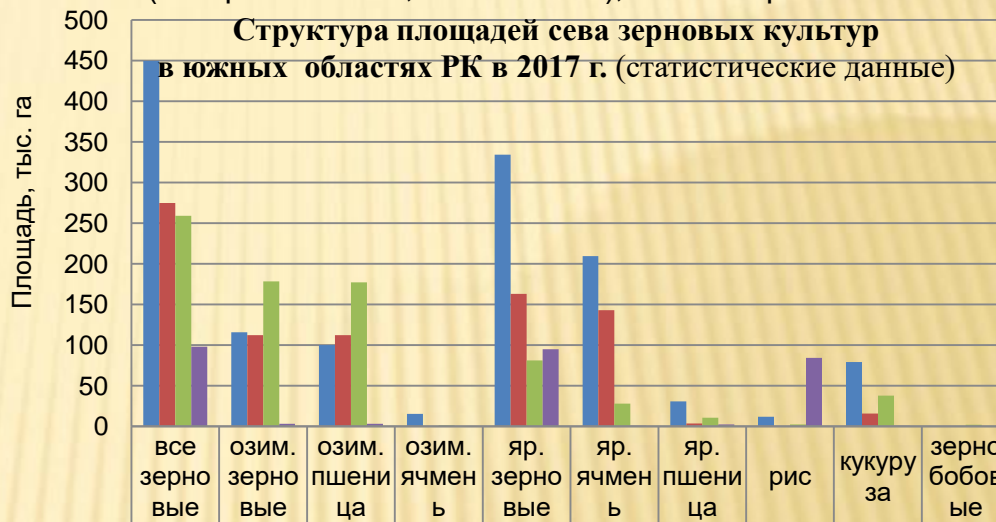
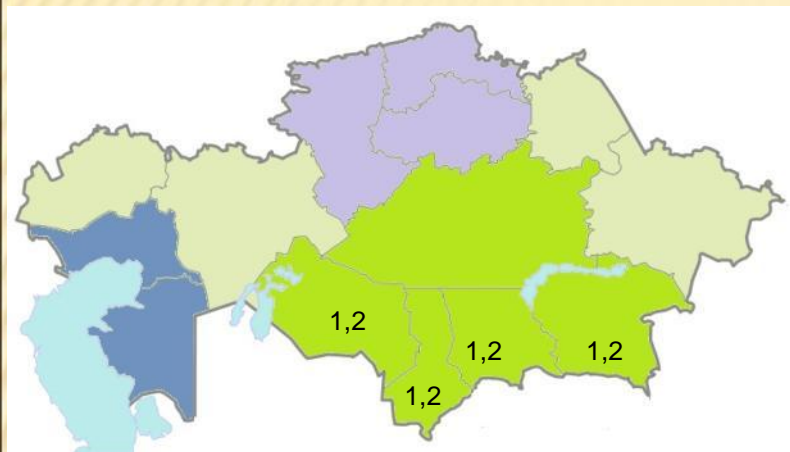
*Особенности производства зерновых культур на юге РК:*

- большая протяженность территории и разнообразие почвенно-климатических условий (от сильно - засушливых условий до умеренно увлажненных условий);
- разнообразный рельеф местности – предгорные холмистые районы (высота над уровнем моря от 600-800 до 900-1200 м) и степные районы (с различной степенью засушливости);
- различные условия возделывания с/х культур: богарные условия и на орошении, с наличием очень мелких полей (площадь от 0,5-1,0 до 2-3 га);
- большое разнообразие возделываемых с/х культур (ранние и поздние теплолюбивые), что затягивает сроки распознавания маски полей зерновых культур;
- наличие различной площади полей в богарной и орошаемой зоне, что требует применения нескольких спутниковых систем различного пространственного разрешения (среднего и высокого).

*Основные площади (более 90 %) озимых и ранних яровых зерновых культур возделываются в богарных условиях Алматинской, Жамбылской, Туркестанской областей.*

- 1 – Мониторинг производства зерновых культур в Южном Казахстане;
- 2 – Мониторинг за орошением полей в вегетационный период

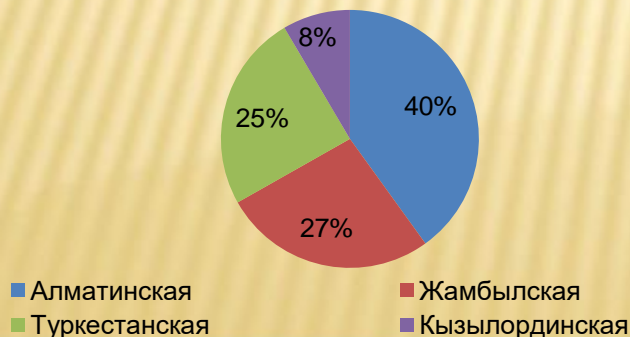
Виды с/х культур: ранние и поздние зерновые (кукуруза, рис), бобовые (горох, фасоль, нут, соя), масличные (сафлор, подсолнечник, соевые бобы), овощные, бахчевые, технические (сахарная свекла, хлопчатник), сеяные травы



- 1 - оперативный космический мониторинг производства зерновых культур;
- 2 - космический мониторинг орошения полей

Область	все зерновые	озим. зерновые	озим. пшеница	озим. ячмень	яр. зерновые	яр. ячмень	яр. пшеница	рис	кукуруза	зерно бобовые
Алматинская	449,6	115,4	99,8	15,1	334,2	209,1	30,7	11,6	78,8	0,3
Жамбылская	274,8	112,1	112,0	0,1	162,7	142,9	3,4	0	15,7	0,3
Туркестанская	258,9	178,1	176,9	1,1	80,8	27,8	10,6	2,1	37,5	1,6
Кызылординская	97,7	3,1	3,1	0	94,6	0,4	2,0	84,0	0,7	0

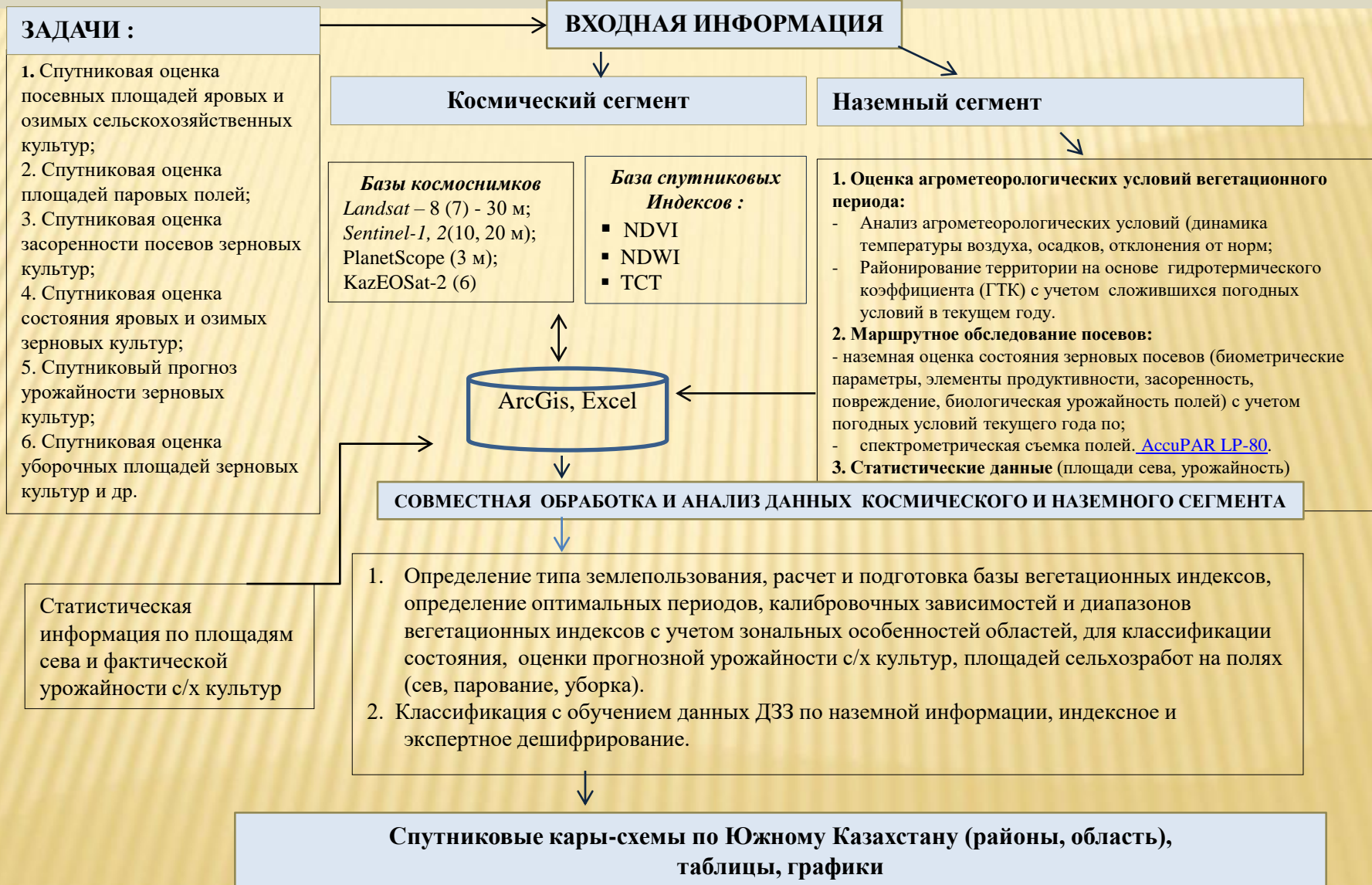
Площади сева зерновых культур (%) в южных областях РК в 2018г.



Динамика площадей сева зерновых культур по южным областям РК в 2018 г. (статистические данные)



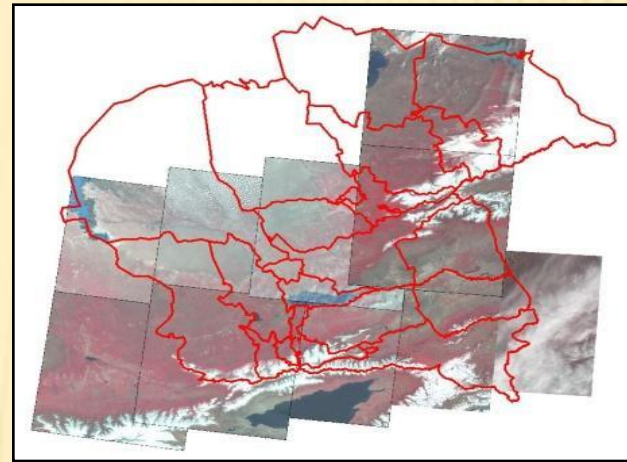
## Технологическая схема космического мониторинга зерновых культур в Южном Казахстане



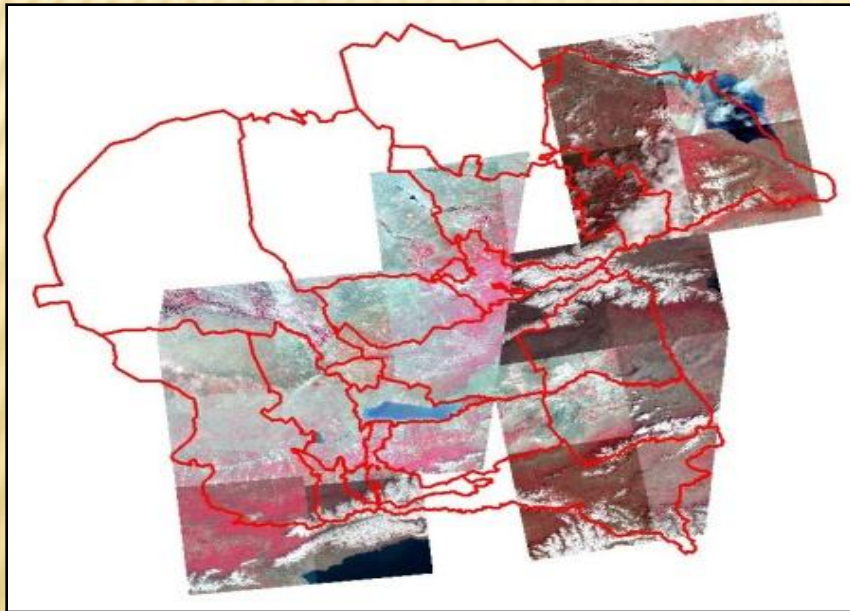
## Космический сегмент

### Характеристики космических снимков, используемых для мониторинга

Название снимков	Пространственное разрешение
Sentinel-1,2	10 (60) м
Landsat – 8 (7)	30 (15) м
PlanetScope	3 м
KazEOSat-2	6 м

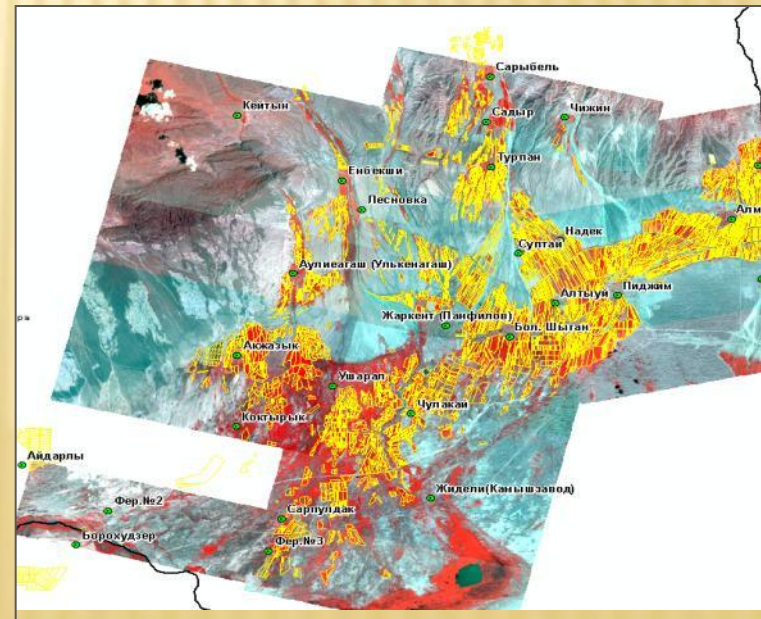


Покрытие территории Алматинской области снимками Landsat-8 в 2018 г.



Покрытие территории Алматинской области снимками Sentinel-2 в 2018 г.

Покрытие территории Панфиловского района Алматинской области снимками PlanetScope за 29.07.2018 г.



# Закономерности развития с/х культур и сроки проведения полевых работ в Южном Казахстане

**Маска полей с/х культур (наличие распашки, увеличение NDVI, наличие уборки на полях)**

**Озимые зерновые культуры (озимая пшеница и ячмень)**

**Периоды для распознавания (сев, максимум развития, уборка):**

- 1. сентябрь-ноябрь** (падение вегетационных индексов в период распашки полей и сева, через 10-15 дней – всходы и дальнейшее развитие озимых посевов, медленное увеличение вегетационных индексов NDVI осенью;
- 2. Конец марта-апрель** - быстрое увеличение вегетационных индексов NDVI, опережающее развитие озимых посевов по сравнению с яровыми посевами в ранне-весенний период.
- 3. 3 декада мая-1 декада июня** - максимум биомассы и NDVI на колошение-цветение;
- 4. 3 декада июня – 30 сентября – созревание** и уборка, спад значений NDVI, появление текстурных и спектральных признаков уборки на полях.

**Поля на богаре**

**Ранние яровые зерновые (яр. ячмень, пшеница, овес, др.)**

- 1. 15 марта - 20 мая** (падение NDVI в период распашки и сева, через 1-2 недели - всходы и дальнейшее развитие посевов, рост NDVI;
- 2. 3 декада мая - 1 декада июля** - максимум биомассы и максимум NDVI на колошение;
- 3. 3 декада июня – 30 сентября**, падение NDVI, появление характерных текстурных и спектральных признаков уборки на полях.

**Масличные (подсолнечник, сафлор), сев – апрель**, выделяются в **июне-июле** активной вегетацией и резким повышением NDVI, плотной текстурой и насыщенной цветовой палитрой, уборка **август - октябрь**.

**Кормовые культуры (смесь злаков на корм)** – характеризуются так же как яровые зерновые, дистанционно плохо определяемые.

**Паровые поля:**

Период распознавания - **апрель-июль** (обработка полей, резкое падение NDVI (до 0,10-0,20))

**Поля на орошении: (рис, кукуруза)**

- 1. конец апреля – май** - сев, падение вегетационного индекса NDVI; для риса - NDWI в период распашки, появление через 1-3 дня в чеках воды,
- 2. июль** – максимум биомассы и резкий рост NDVI;
- 3. сентябрь-октябрь** – резкое падение NDVI, появление на полях характерных текстурных и спектральных признаков уборки.

**Овощные, бахчевые, технические (сахарная свекла, хлопчатник, корне- и клубнеплоды) – сев в апреле-мае**, очень маленькие поля, насыщенный ярко-зеленый цвет, плотные текстуры, уборка в разное время летом и осенью

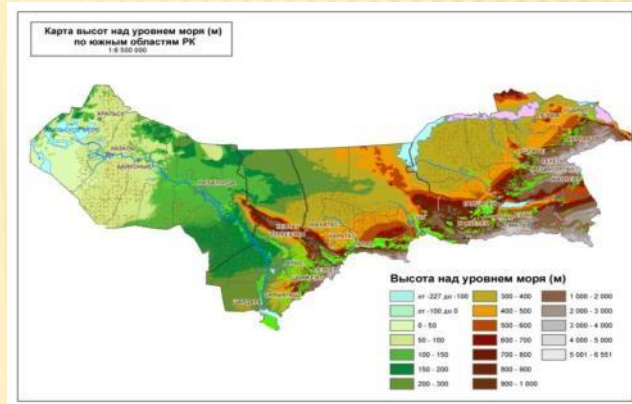
- Многолетние травы (люцерна, др. бобовые):**
- 1.** отсутствие распашки весной, конец **марта-апрель** - раннее увеличение NDVI;
  - 2. май** - максимум NDVI, плотные текстуры полей, насыщенный ярко-зеленый тон;
  - 3. май-июнь** - более ранние сроки уборки, характерные текстуры уборки (копны) и резкое падение NDVI.

**Залежь:**

Отсутствие обработки на полях в течение вегетационного периода, отсутствие резких изменений в спектральных характеристиках

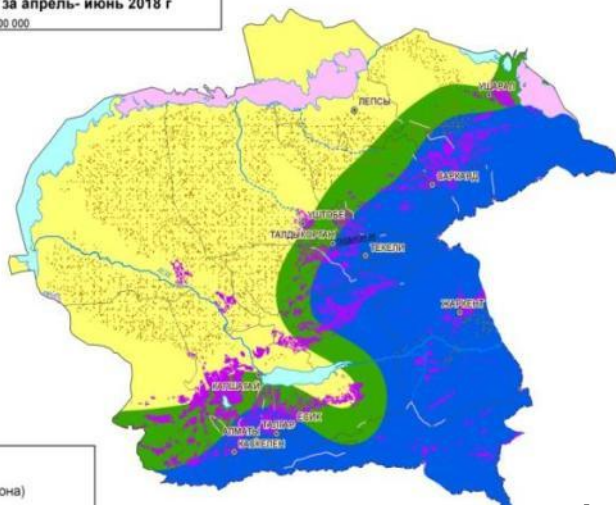
**Наземный сегмент** включает анализ следующих данных:

- анализ сложившихся агрометеорологических условий 2018 г. (Т, R, ГТК, вычисление отклонений гидрометеорологических параметров от климатических норм);
- районирование территории на зоны однородных гидротермических условий в южных областях РК в 2018 г.;
- проведение и анализ данных маршрутных обследований озимых и яровых зерновых культур в летний период в основных зонах произрастания посевов;
- анализ фактической статистической информации по площадям сева и урожайности сельскохозяйственных культур за прошлые годы.



Карта высот над уровнем моря (м)

Зональное распределение агрометеорологических условий  
по Алматинской области  
на основе значений ГТК за апрель - июнь 2018 г  
1:3 500 000

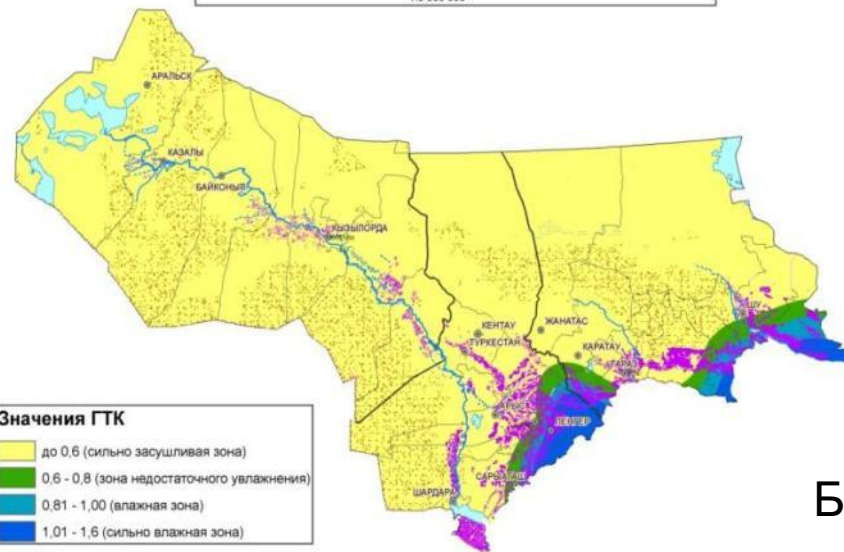


**Значения ГТК**

- до 0,60 (сильно засушливая зона)
- 0,61 - 1,00 (зона недостаточного увлажнения)
- 1,01 и более (влажная зона)
- маска полей сельскохозяйств

А

Зональное распределение агрометеорологических условий  
по Жамбылской, Южно-Казахстанской и Кызылординской областям  
на основе значений ГТК за апрель - июнь 2018 г  
1:5 000 000



**Значения ГТК**

- до 0,6 (сильно засушливая зона)
- 0,6 - 0,8 (зона недостаточного увлажнения)
- 0,81 - 1,00 (влажная зона)
- 1,01 - 1,6 (сильно влажная зона)

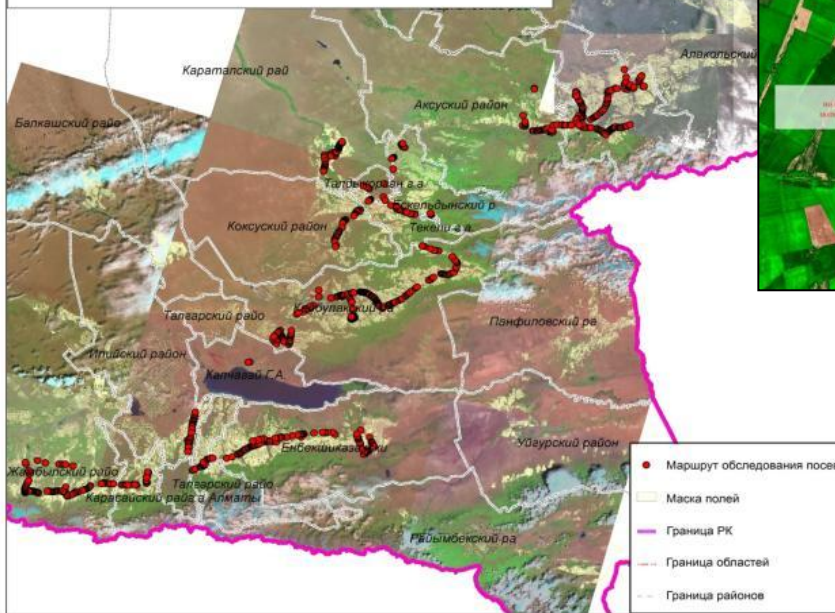
Б

Зональное распределение однородных гидротермических условий на основе ГТК (4-6) в Алматинской (А), Жамбылской, Туркестанской, Кызылординской областях (Б), 2018 г.

## Маршрутные обследования в Южном Казахстане в 2018 г.

При обследованиях озимых и яровых зерновых полей в основных почвенно-климатических зонах Южного Казахстана определены: GPS-координаты и фотосъемка посевов, определено фенологическое развитие, биометрические показатели, структура урожая, общее состояние посевов, засоренность, повреждение болезнями или погодными условиями для классов состояния посевов (отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое) и определена видовая урожайность посевов на поле.

КАРТА-СХЕМА МАРШРУТА ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ ПОСЕВОВ ПО АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД 5-13 ИЮНЯ 2018 г.



Проведено обследование более **500 полей с озимой пшеницей, 465 полей яровых зерновых культур**, всего для распознавания собран материал для верификации результатов данных ДЗЗ по сельхозкультурам с более **2000 полей** (озимые и яровые зерновые, рис, кукуруза, хлопчатник, бахчевые, соя, сафлор, подсолнечник, сахарная свекла, овощные, люцерна и др.) и паровым полям.

КАРТА-СХЕМА МАРШРУТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ ПОСЕВОВ ПО ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ И ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТЯМ В ПЕРИОД 23 МАЯ-6 ИЮНЯ 2018 г.

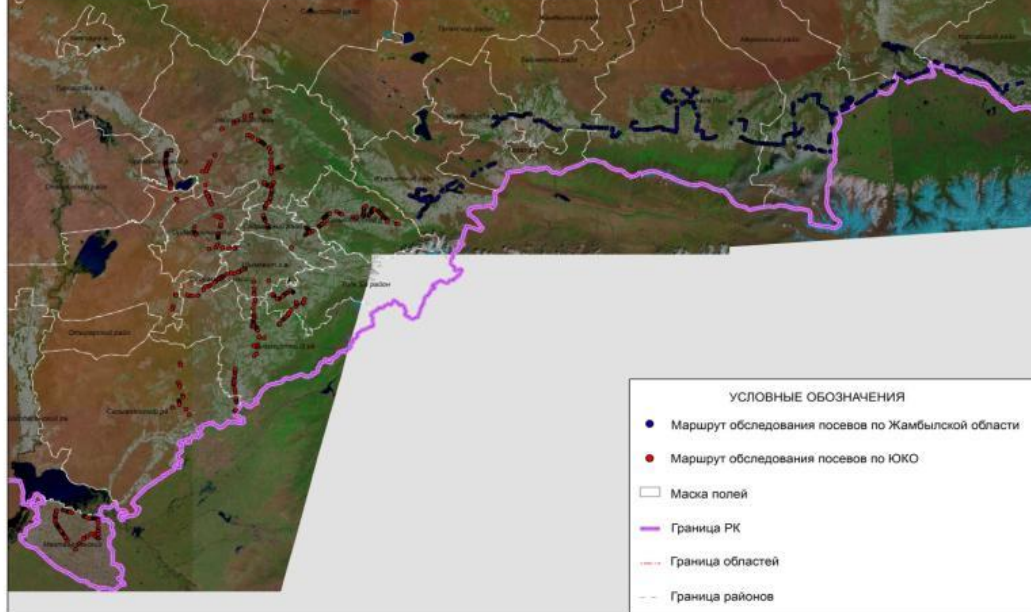


Схема маршрутного обследования зерновых в Алматинской области, 5-13.06.2018 г.

Схема маршрутного обследования зерновых культур в Жамбылской, Туркестанской области, 23.05-5.06.2018 г.



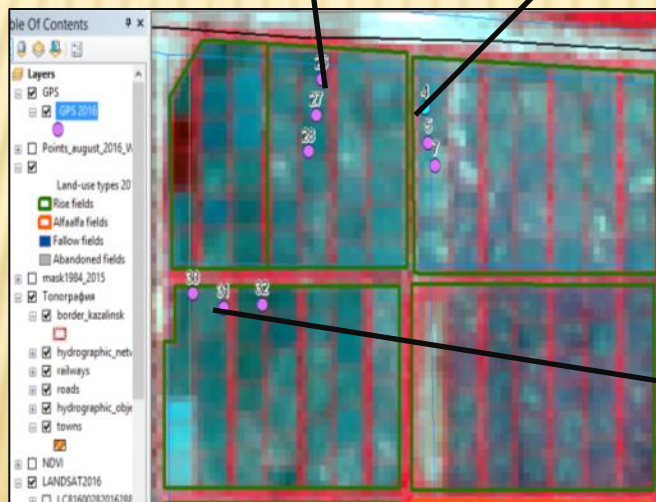
## База данных биометрических параметров зерновых культур по результатам маршрутного обследования



GPS	Высота	Густота	Биомасса	LAI
28	110	63,00	61,00	2,78



GIS database



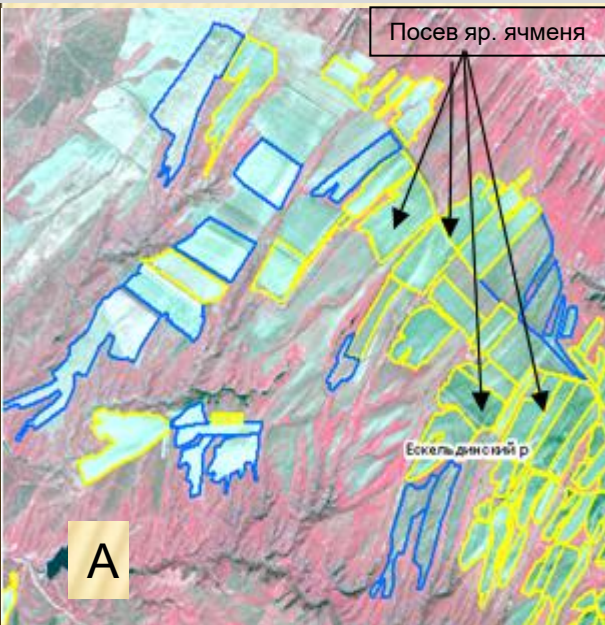
GPS	Высота	Густота	Биомасса	LAI
31	115	110,00	68,00	3,46



GPS	Высота	Густота	Биомасса	LAI
4	109	48,00	95,00	0,91



Совместный анализ данных Sentinel-2 и наземной информации в вегетационный период 2018 г.

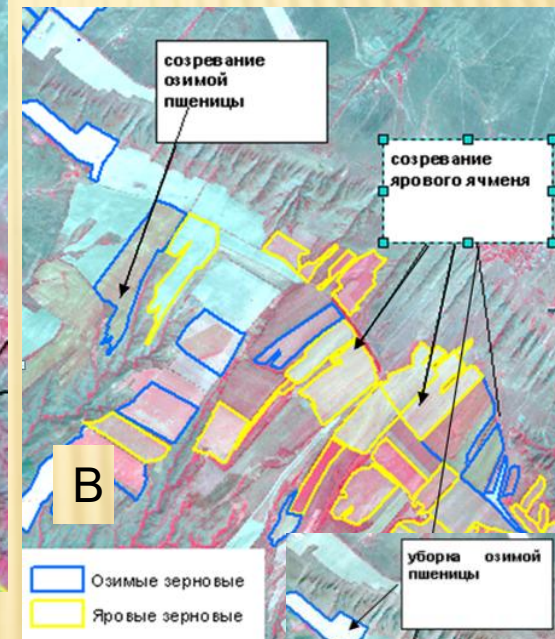


**А** - посев яровых зерновых культур на снимке Sentinel-2 за 13.04.2018



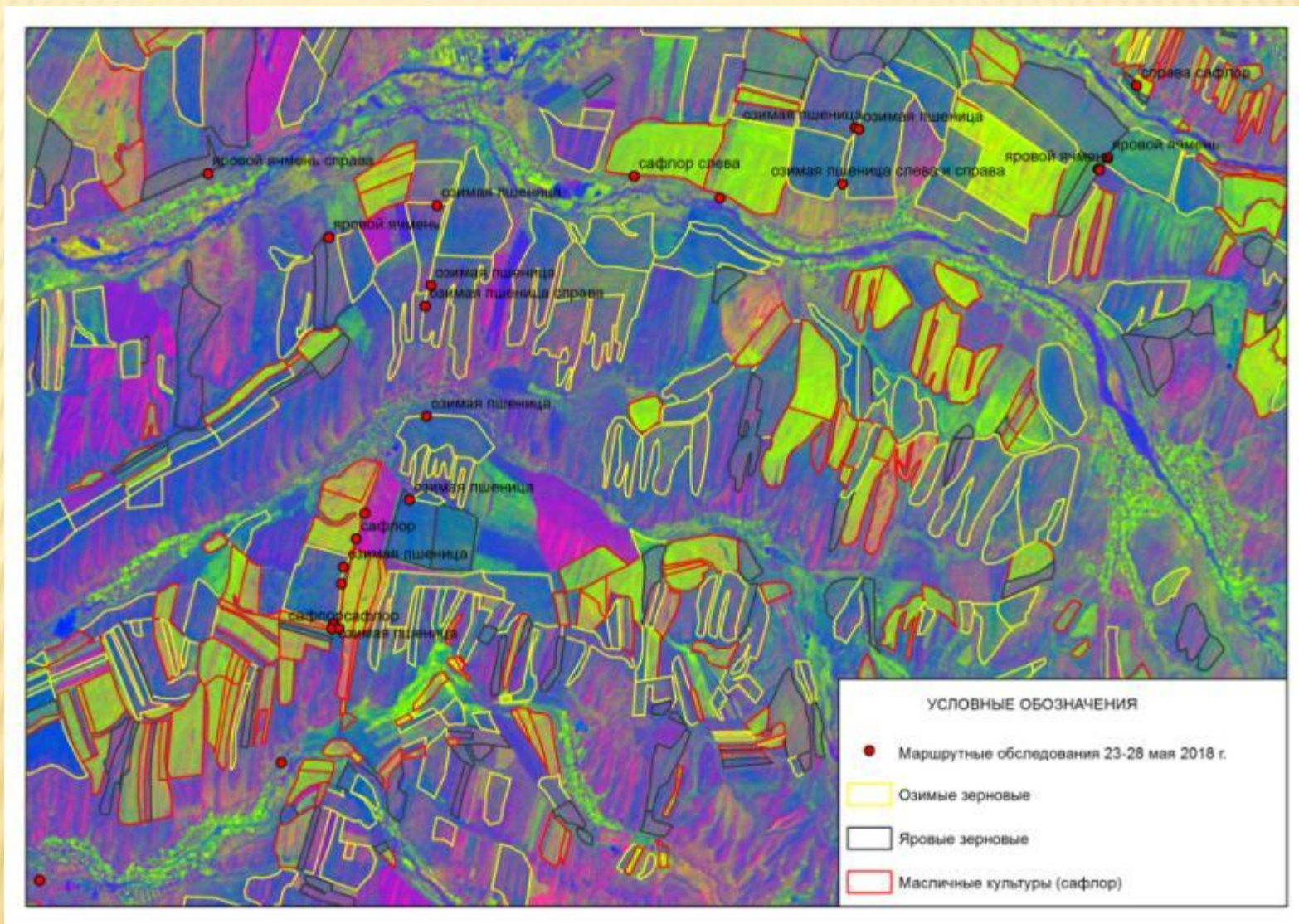
**Б** - колошение озимой пшеницы и уборка ярового ячменя на снимке Sentinel-2 за 05.06.2018г

**В** - созревание зерновых культур на снимке Sentinel-2 за 20.07.2018г



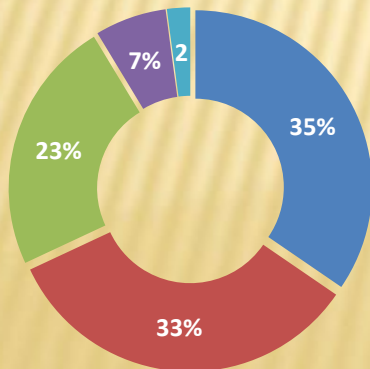
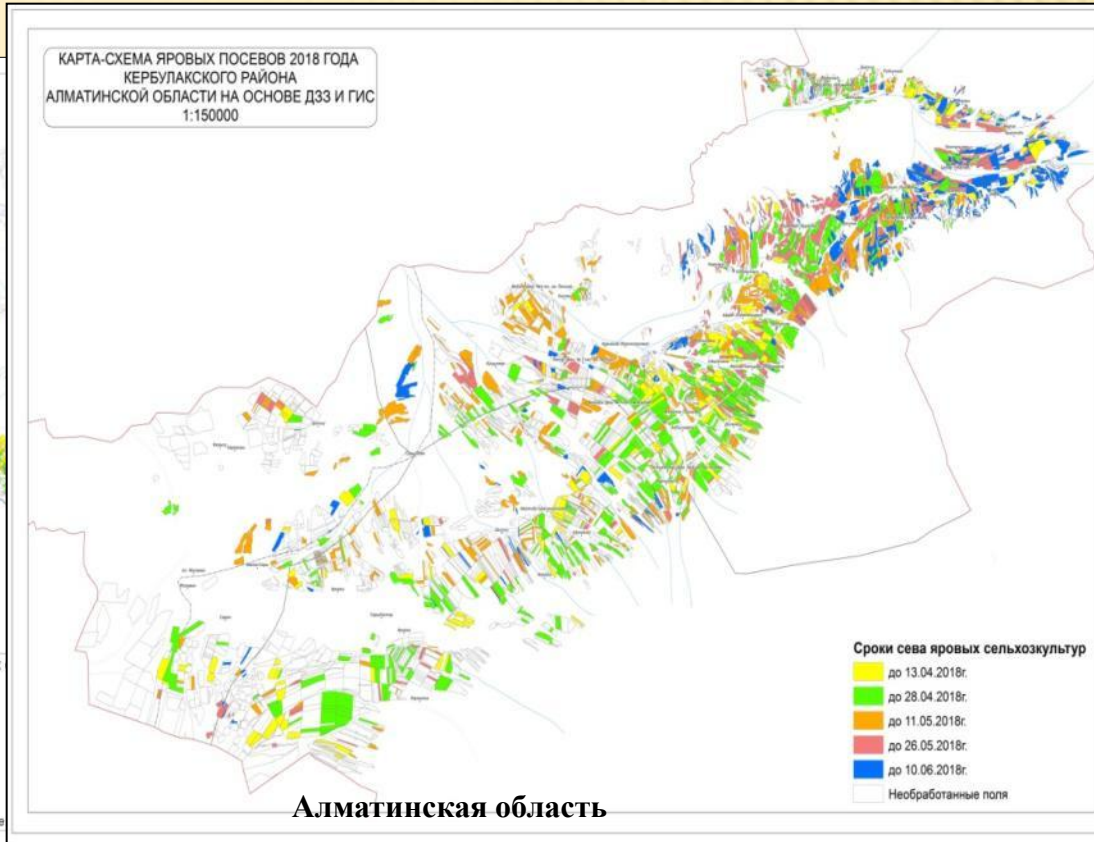
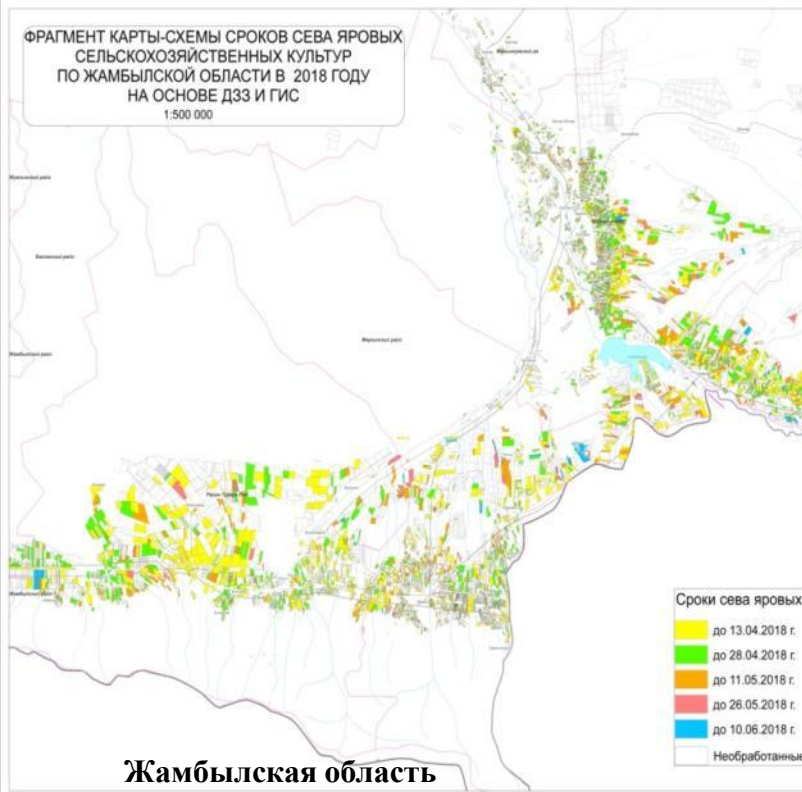
**Г** - уборка зерновых культур на снимке Sentinel-2 за 08.09.2018г





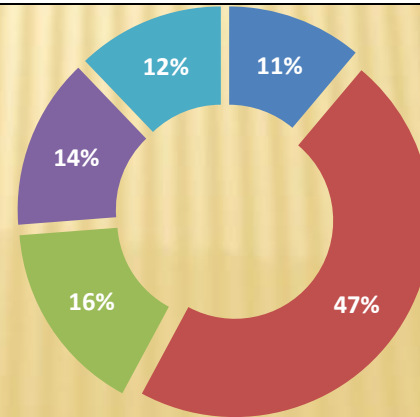
Результат распознавания полей масличных культур (сафлор) с использованием преобразования Tasseled Cap на снимке Sentinel-2 за 16.06.2018 г. в предгорной зоне Южно-Казахстанской области

Результаты определения сроков и площадей сева яровых сельхозкультур по данным ДЗЗ в 2018 г.



Площади сева по ДЗЗ (%) в 2018 г. по срокам:

- до 13 апреля
- до 28 апреля
- до 11 мая
- до 26 мая
- до 10 июня



Площади сева по ДЗЗ (%) в 2018 г. по срокам:

- до 13 апреля
- до 28 апреля
- до 11 мая
- до 26 мая
- до 10 июня

Мактааральский район. Снимок Rapid Eye (3 августа 2018г)



**Методические основы спутникового распознавания паровых полей в Южном Казахстане:**

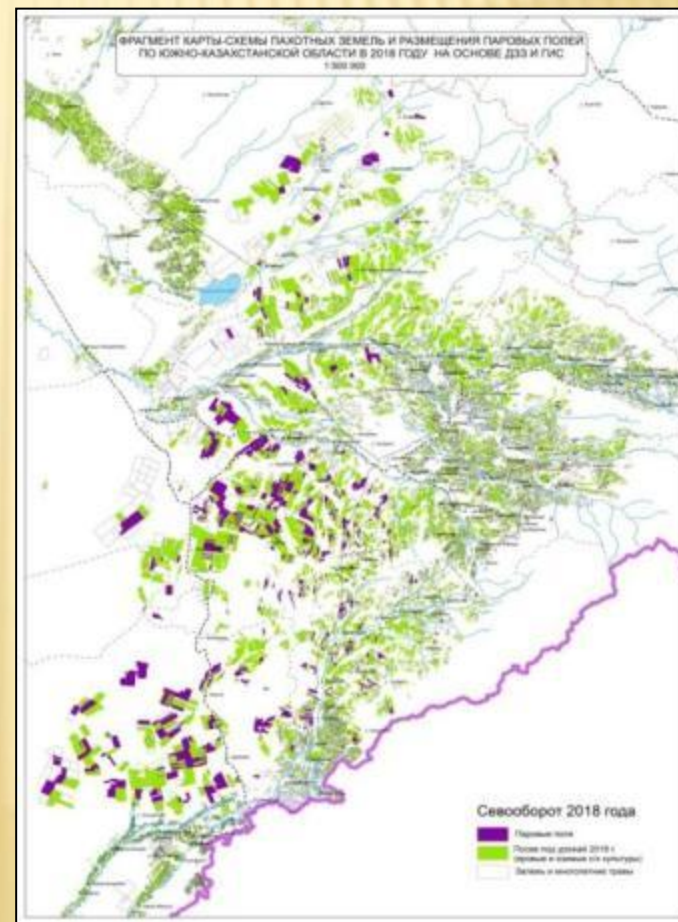
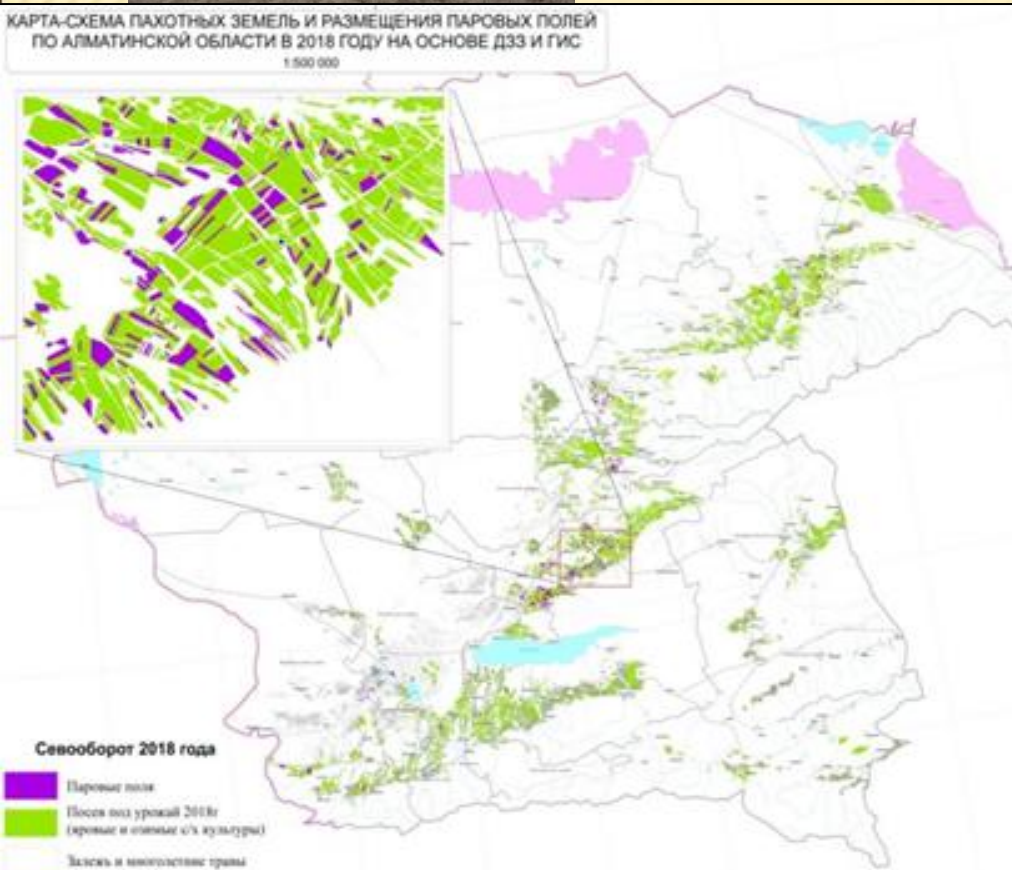
1. Анализ различий коэффициентов отражения распаханых полей и вегетирующих посевов в весенне-летний период на космоснимках Sentinel-2 и Landsat – 8 на основе комбинаций каналов (RGB – «искусственные цвета» и «натуральные цвета»);
2. Анализ спектрального состояния полей на основе закономерностей фенологического развития с/х культур: у посевов - увеличение NDVI по мере их роста и развития, до формирования продуктивных органов, а в период созревания урожая - медленное уменьшение NDVI); у паров- стабильно низкие значения NDVI (около 0.10-0,18) в зависимости от наличия сорной растительности;
3. Верификация данных спутниковой информации с данными маршрутных обследований, подтверждающие паровую обработку на полях.



Выделение паровых полей на снимке Santinel-2 за 6.06.2018 г. на основе комбинации каналов (ch 12,8,3) - натуральные цвета и данных маршрутных обследований (район Турара Рыскулова Жамбылской области)



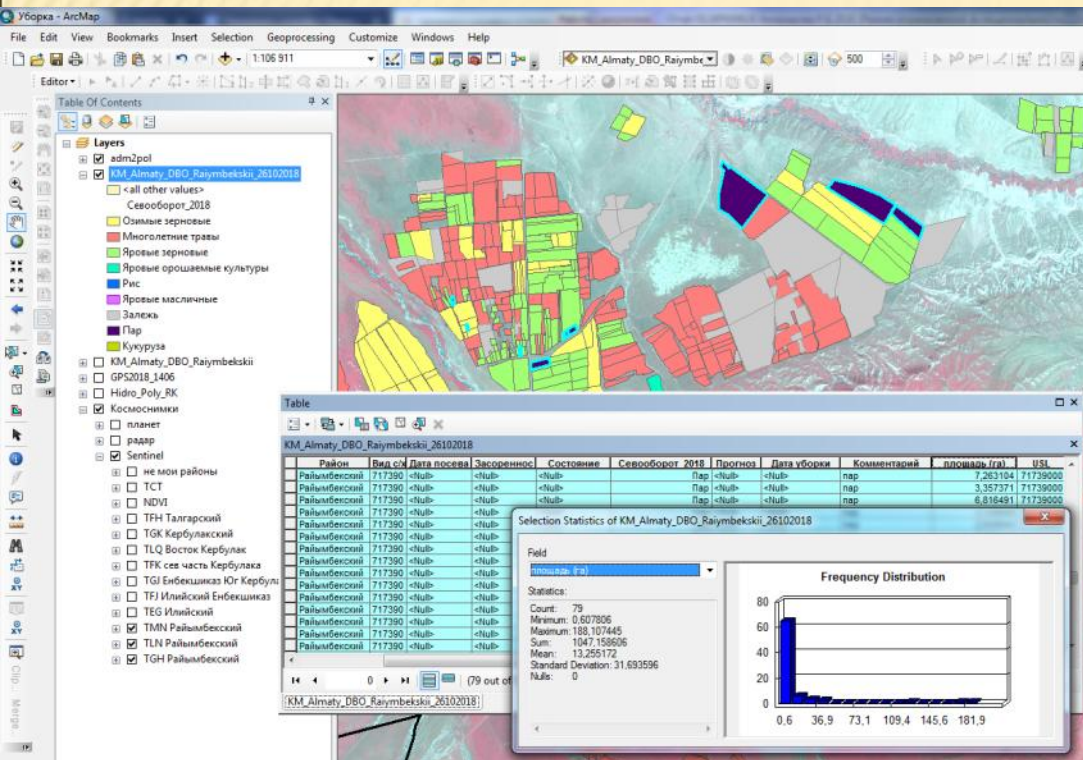
# Спутниковая оценка площадей паровых полей в Южном Казахстане



*Результирующие карты спутниковой оценки пахотных земель и размещения паровых полей на юге РК в 2018 г.*



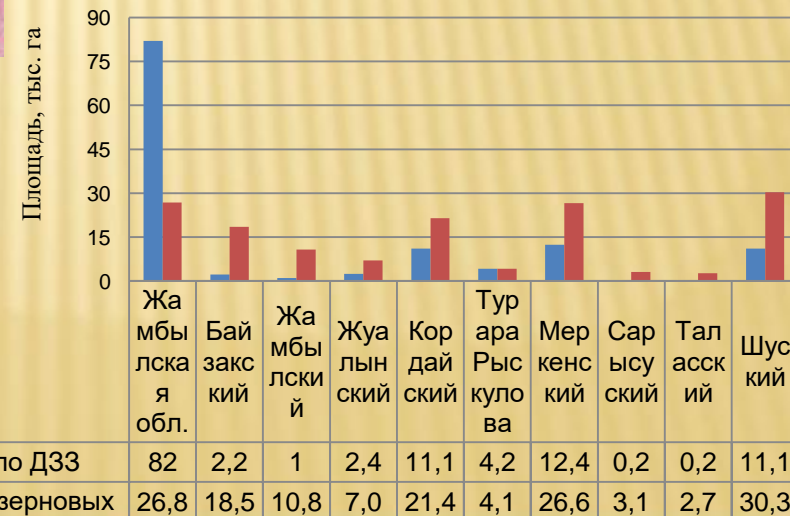
## Расчет площадей паровых полей в системе ArcGis



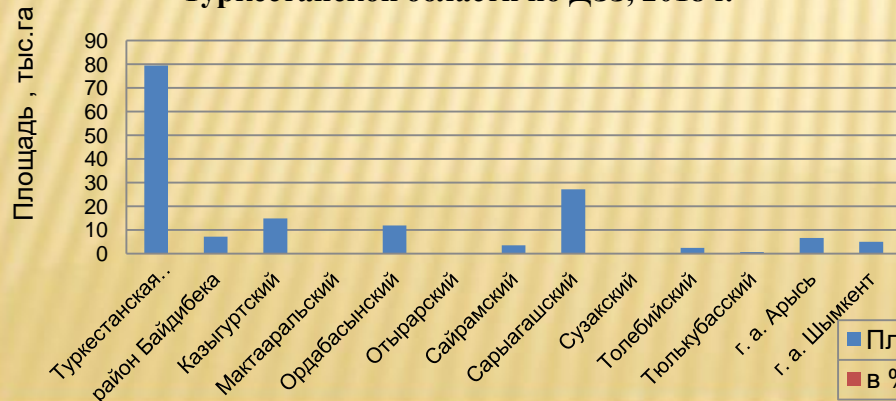
### Сравнение площади парования полей по данным ДЗЗ и МСХ, 2018 г.



### Динамика площадей паров по районам Жамбылской области по ДЗЗ, 2018 г.



### Динамика площадей паров по районам Туркестанской области по ДЗЗ, 2018 г.



## *Методические основы степени засоренности посевов зерновых культур:*

1. Анализ данных маршрутного обследования полей с различной степенью засоренности для калибровки спутниковой информации;
2. Визуальное дешифрирование космоснимков Sentinel – 2 и Landsat -8 в период максимального развития биомассы у зерновых культур **в мае-июне** (период колошение – начало созревания посевов) на основе спектральных и текстурных неоднородностей полей из-за скопления сорной растительности;
3. Анализ гидротермических условий (засушливая, переходная или влажная зона), влияющие на степень развития и виды засорения в текущем году;
4. Учет влияния рельефа территории (равнина, предгорная зона с неровным рельефом и понижениями), при которых создаются особые благоприятные условия для увеличения засоренности посевов;
5. Учет типа землепользования: наличие хозяйств с развитыми технологиями или крестьянские хозяйства, занимающиеся производством зерновых культур по упрощенной технологии, в связи с чем наблюдается различное фитосанитарное состояние посевов.

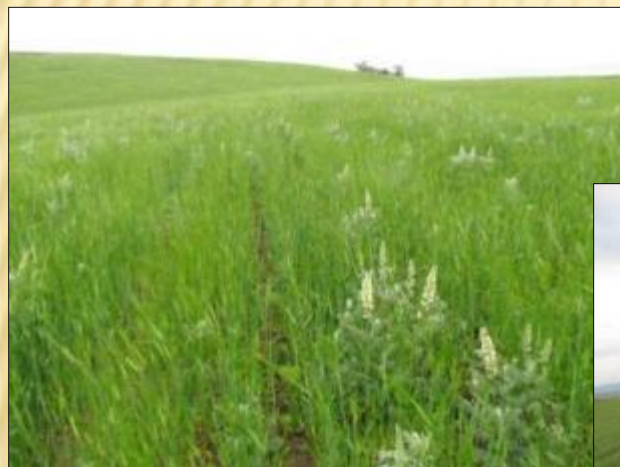
*Слабо засоренные (менее 5%)  
посевы ярового ячменя, в  
Алматинской области, июнь  
2018 г.*



*Сильная степень засорения озимой  
пшеницы, частично пострадавшей  
зимой от вымерзания, равнина  
Саркандского района Алматинской  
области, июнь 2018г.*



*Средняя степень засоренности  
посевов ярового ячменя в  
понижении поля, Саркандский  
район Алматинской области, июнь  
2018 г.*



## Оперативное решение задач космического мониторинга зерновых культур в Южном Казахстане на основе данных Sentinel-2, Landsat-8, PlanetScope

Для дистанционной оценки степени засоренности посевов в 2018 году использовались три класса фитосанитарного состояния полей: посевы слабо засоренные - менее 5- 15 %, засоренные в средней степени – от 15 до 25%, сильно засоренные – 25-40 %, на отдельных полях 50 % и более.

В качестве примера приводится фрагмент визуального дешифрирования засоренности посевов на космоснимке Sentinel-2 за 26.06.2018 г. на основе спектральных и текстурных неоднородностей на полях.

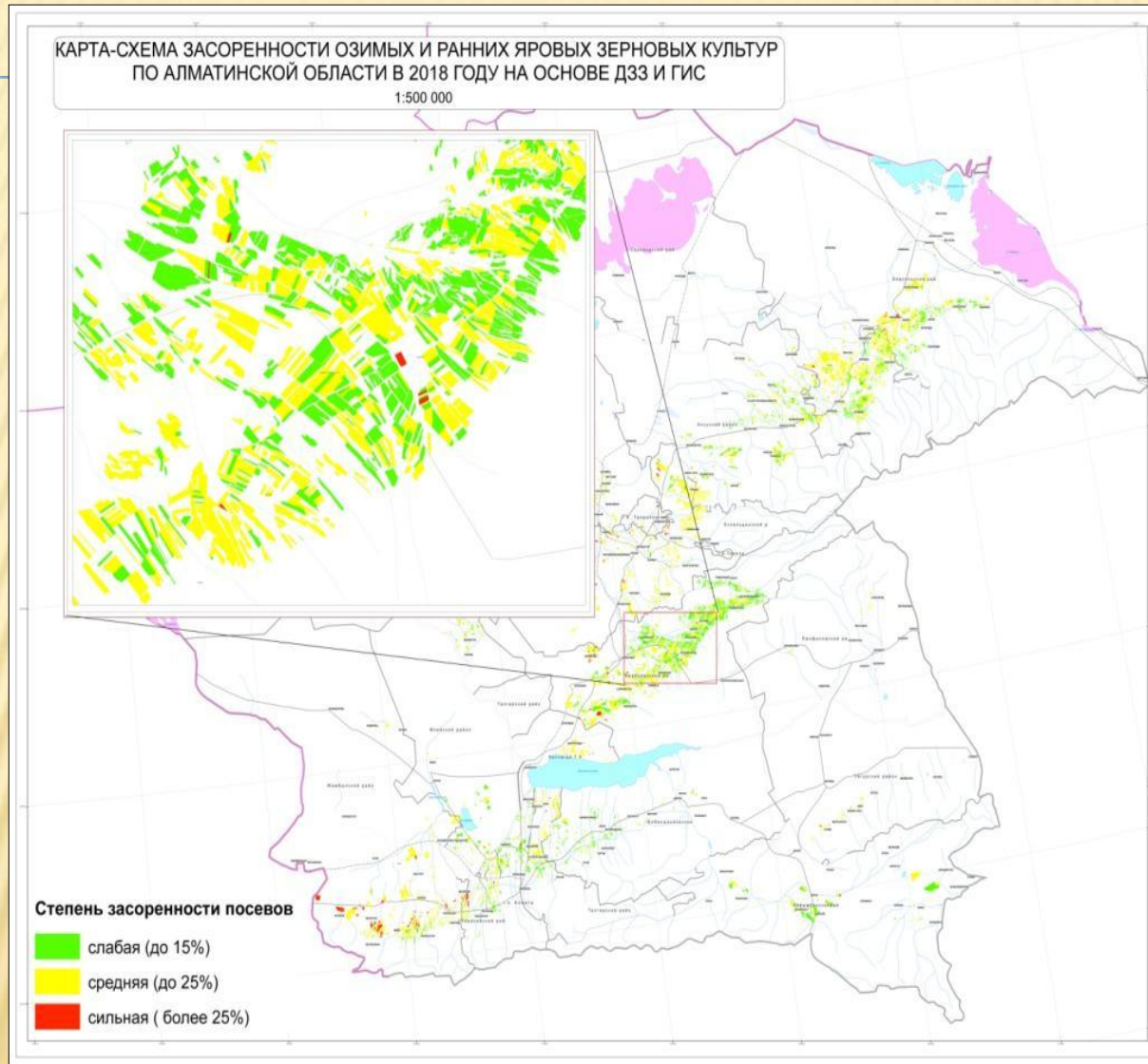


Спутниковая оценка степени засоренности посевов на космоснимке Sentinel - 2 за 26.06.2018 г. для массива полей Кзылгуртского района Туркестанской области в 2018 г.



Спутниковая оценка площадей с различной степенью засоренности озимых и ранних яровых зерновых культур в целом по Алматинской области характеризуется следующим образом: **слабая степень засорения – 35 % площади, средняя – 61 %, сильная – 4%**. Результаты распределения классов засорения хорошо согласуются с наземными данными.

# Спутниковая оценка засоренности посевов яровых зерновых культур в Южном Казахстане



Карты спутниковой оценки засоренности посевов яровых зерновых культур по Алматинской области в 2018 г.

**Методика спутниковой оценки состояния и прогноз урожайности яровых зерновых и озимых зерновых культур по районам южных областей РК включает совместную обработку спутниковой и наземной информации и состоит из следующих последовательных этапов работ:**

1. Районирование территории южных областей РК по гидротермическим условиям на основе *ГТК\* Селянинова* (для озимых посевов- *коэффициент увлажнения К\*\**, включающий дополнительно осадки осенне-зимнего периода (сентябрь-март));
2. Расчет значений *NDVI с мая по июнь по снимкам Sentinel-2 (Landsat-8)* отдельно для маски озимых зерновых и маски ранних яровых зерновых культур, определение для каждого поля максимальных значений *NDVI* за вегетационный период, совмещение данных ДЗЗ с данными маршрутного обследования в пределах однородных агрометеорологических зон в 2018 г.;
3. Определение пороговых значений максимальных значений *NDVI* и корреляционных зависимостей для классификации состояния посевов в каждом районе области; проведение экспертного визуального контроля, который предусматривает в сомнительных случаях ручную корректировку.
4. Спутниковое определение площадей зерновых культур по районам с различным состоянием (отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое и очень плохое) отдельно для маски озимых зерновых культур и яровых зерновых посевов;
5. Расчет по районам средней урожайности зерновых для каждого класса состояния посевов (для группы озимых зерновых и яровых зерновых культур) на основе данных маршрутного обследования и статистической информации, с учетом погодных условий текущего года;
6. Расчет по району валового сбора зерна путем умножения урожайности каждого класса состояния на соответствующую площадь, определенную по данным ДЗЗ;
7. Расчет средней районной урожайности зерновых культур в текущем году (отношение рассчитанного валового сбора зерна к площади зерновых по ДЗЗ), сравнение со статистическими данными.

### СПРАВОЧНО:

\*) Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова

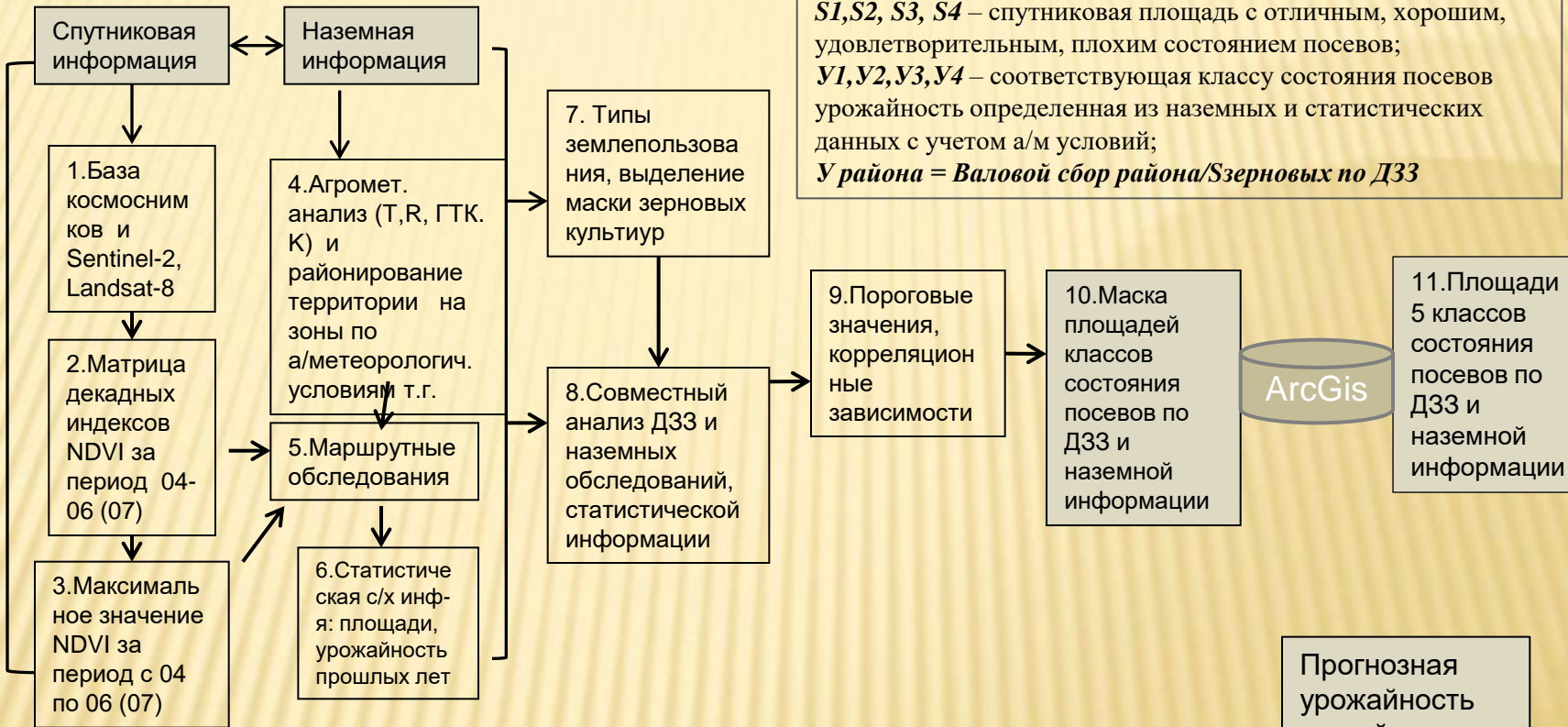
$$ГТК = \sum R(4-6) / 0.1 \sum T > 10(4-6)$$

\*\*\*) Коэффициент увлажнения  $K = 0.5 \sum R(9-3) + \sum R(4-6) / 0.1 \sum T > 10(4-6)$

**Технология последовательной обработки спутниковой и наземной информации для оценки состояния и прогноза урожайности зерновых культур на юге РК**

**Валовой сбор по району** =  $S1*Y1+S2*Y2+S3*Y3+S4*Y4$ , где  
 $S1, S2, S3, S4$  – спутниковая площадь с отличным, хорошим, удовлетворительным, плохим состоянием посевов;  
 $Y1, Y2, Y3, Y4$  – соответствующая классу состояния посевов урожайность определенная из наземных и статистических данных с учетом а/м условий;  
**У района = Валовой сбор района / S зерновых по ДЗЗ**

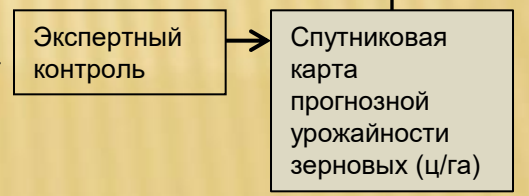
**1 этап**



**2 этап**

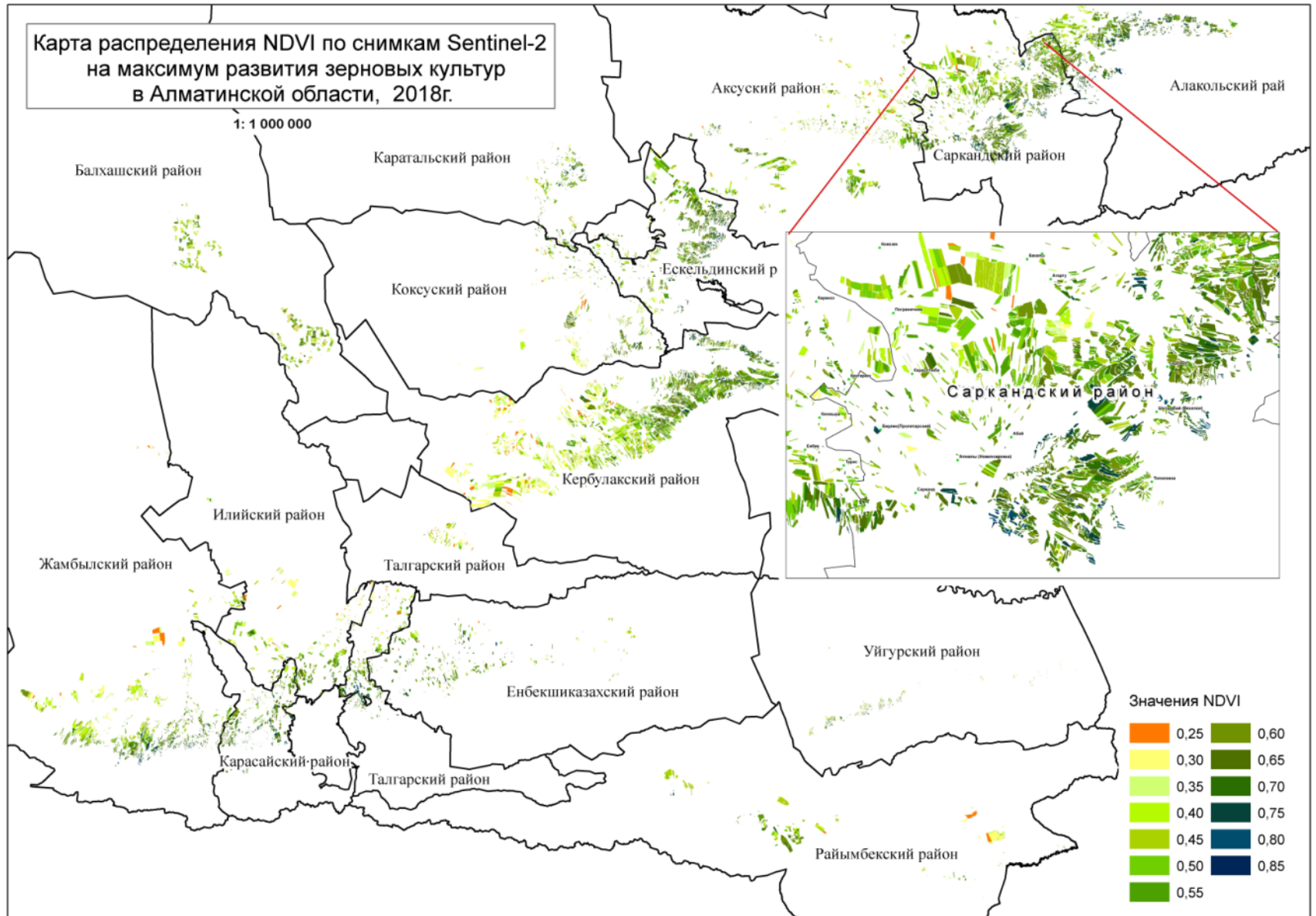
Площади 5 классов состояния посевов (озимые и яровые зерновые):

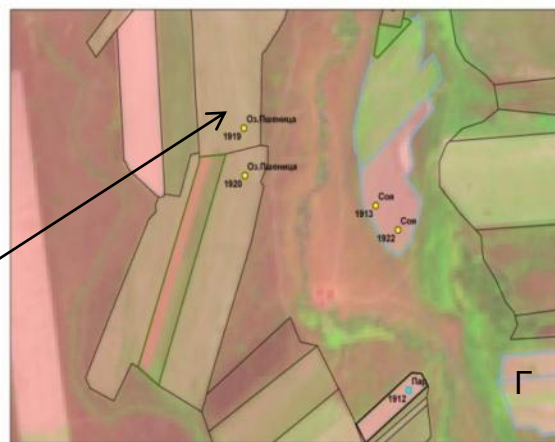
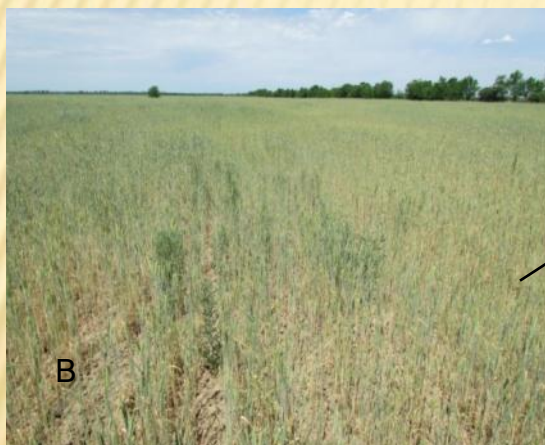
Класс	Спутниковый индекс (ДЗЗ)	Статистический индекс (ДЗЗ)	Урожайность (ц/га)
S5 - отличное	NDVI51, 52, 53	NDVI51, 52, 53 (min, max, сред.)	Y(51, 52, 53)
S4 - хорошее	NDVI41, 42, 43	NDVI41, 42, 43 (min, max, сред.)	Y(41, 42, 43)
S3 - удовлет.	NDVI31, 32, 33	NDVI31, 32, 33 (min, max, сред.)	Y(31, 32, 33)
S2 - плохое	NDVI21, 22, 23	NDVI21, 22, 23 (min, max, сред.)	Y(21, 22, 23)
S1 - оч. плохое	NDVI11, 12, 13	NDVI11, 12, 13 (min, max, сред.)	Y(11, 12, 13)



Карта распределения NDVI по снимкам Sentinel-2 на максимум развития зерновых культур в Алматинской области, 2018г.

1: 1 000 000





**А-** хорошее состояние озимой пшеницы в Саркандском районе Алматинской области;

**Б-** вид поля на космоснимке Sentinel-2 за 17.06.2018

**В** – удовлетворительное состояние озимой пшеницы в Саркандском районе Алматинской области;

**Г-** вид поля на космоснимке Sentinel-2 за 17.06.2018

**Д-** плохое состояние озимой пшеницы в Саркандском районе Алматинской области;

**Е** – вид поля на космоснимке Sentinel-2 за 17.06.2018 .

## Алматинская область, NDVI

Группа культур	Оценка состояния	засушливая зона	влажная зона
яровые зерновые	2	0,25-0,30	0,25-0,32
	3	0,30-0,45	0,33-0,46
	4	0,46-0,60	0,47-0,64
	5	0,60-0,85	0,64-0,85
озимые зерновые	2	0,25-0,30	0,25-0,32
	3	0,31-0,46	0,33-0,47
	4	0,46-0,60	0,48-0,64
	5	0,60-0,85	0,64-0,85

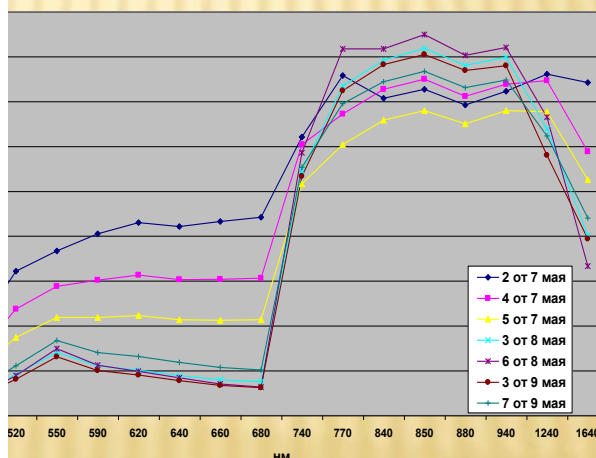
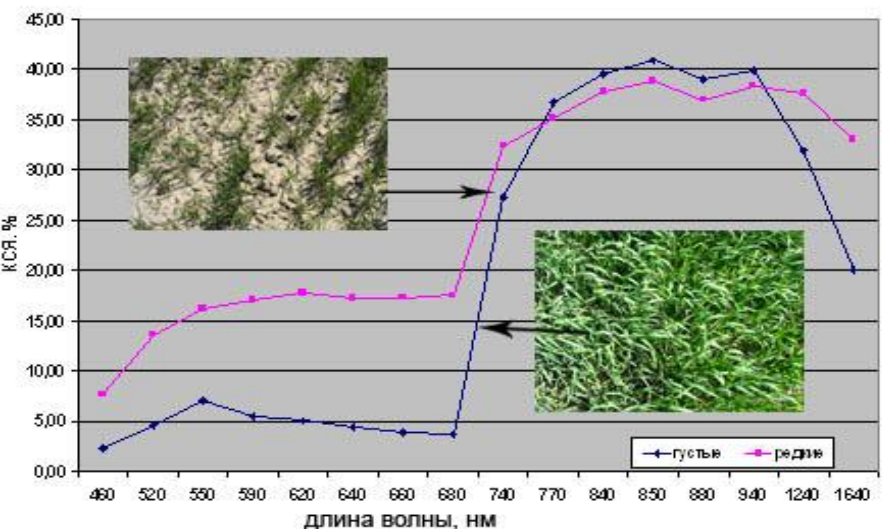


*Спутниковые отражательные характеристики полей озимых и яровых зерновых культур, прошедшие калибровку по данным наземных спектрометрических измерений, позволяют получать картируемую и табличную информацию о состоянии озимых посевов перед уходом в весну, в период активной вегетации и формирования урожая зерновых культур.*

**Хорошее и отличное состояние посевов** характеризуется формированием равномерной густой биомассы на полях, высокопродуктивного колоса, преимущественно слабой засоренностью (5-10 %), слабым повреждением грибными болезнями или отсутствием болезней, высокой биологической продуктивностью на полях.

**Удовлетворительное состояние посевов** характеризуется разреженным стеблестоем из-за плохих условий перезимовки или летней вегетации посевов, неравномерностью биомассы по полю, небольшим ростом, ускоренным развитием, в ряде случаев большой засоренностью в верхнем и среднем ярусах, средним повреждением болезнями.

**Плохое состояние посевов.** Такие посевы характеризуются большой изреженностью или засоренностью, формированием небольшой биомассы по полю, наличием частых проплешин, угнетением посевов из-за недостатка влаги в вегетационный период, низкой продуктивностью полей. В текущем году плохое состояние озимых посевов (изреженность и гибель проросших семян) были вызваны засушливыми условиями осенью 2017 г., сильными морозами в январе 2018 г. при отсутствии снега на полях, что привело к гибели части растений от вымерзания в период перезимовки.



КСЯ полей после перезимовки с хорошим состоянием озимой пшеницы

Состояние озимых культур по результатам обследования 2018 г. преобладало хорошее, у 10 % полей в Жамбылской области, 25-30 % полей в Алматинской и Южно-Казахстанской областей – удовлетворительное, у небольшого количества полей – менее 5 % - плохое.

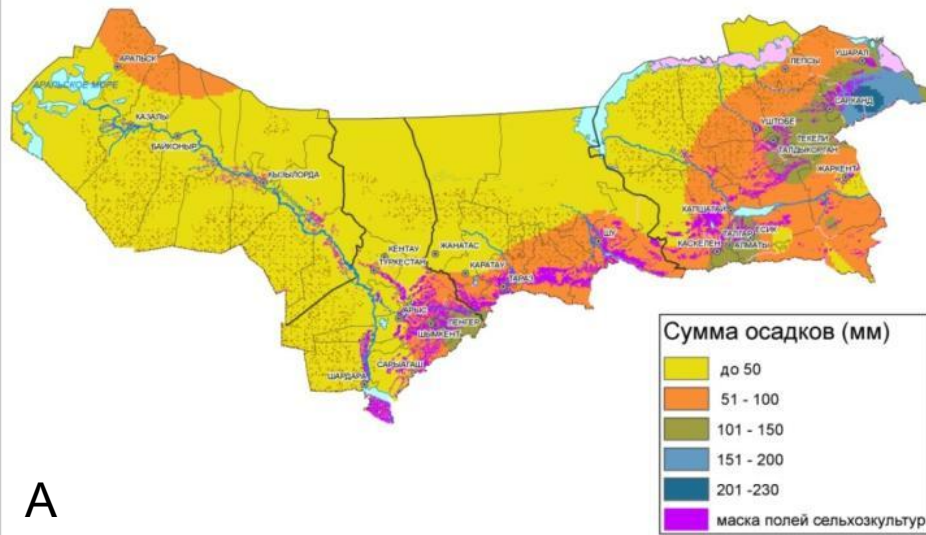
КСЯ густых и редких посевов озимой пшеницы после перезимовки (100 % и 30-40 %)

Осень 2017 г.

$$ГТК = \sum R_{(4-6)} / 0.1 \sum T_{>10} (4-6)$$

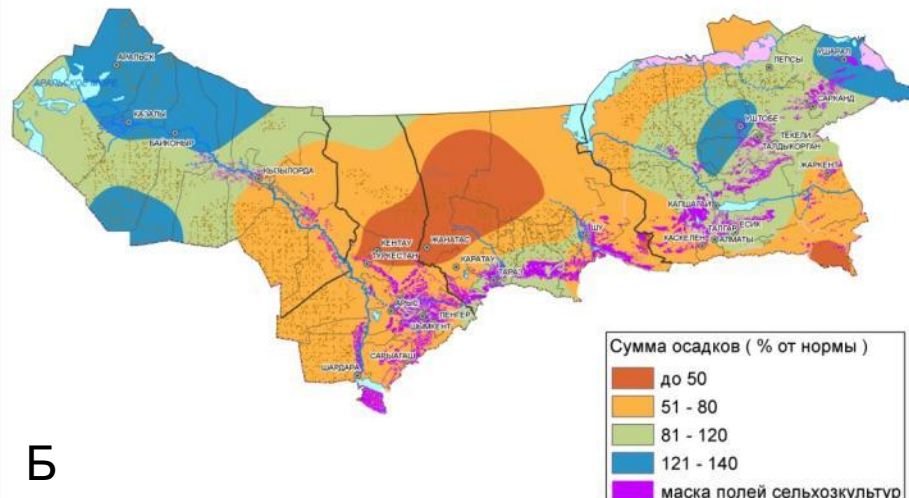
$$K = (0.5 \sum R_{(9-3)} + \sum R_{(4-6)}) / 0.1 \sum T_{>10} (4-6)$$

Сумма осадков (мм) за сентябрь-ноябрь 2017 г. по южным областям Казахстана  
1:6 500 000



А

Сумма осадков в процентах от климатической нормы за сентябрь-ноябрь 2017 г. по южным областям Казахстана  
1:6 500 000



Б

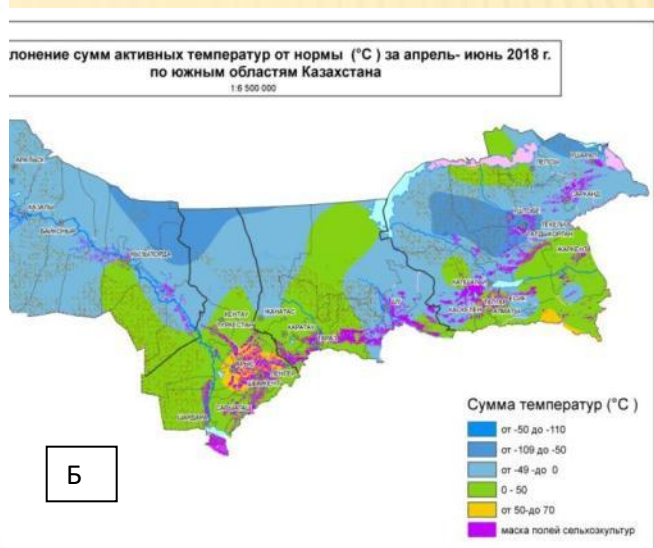
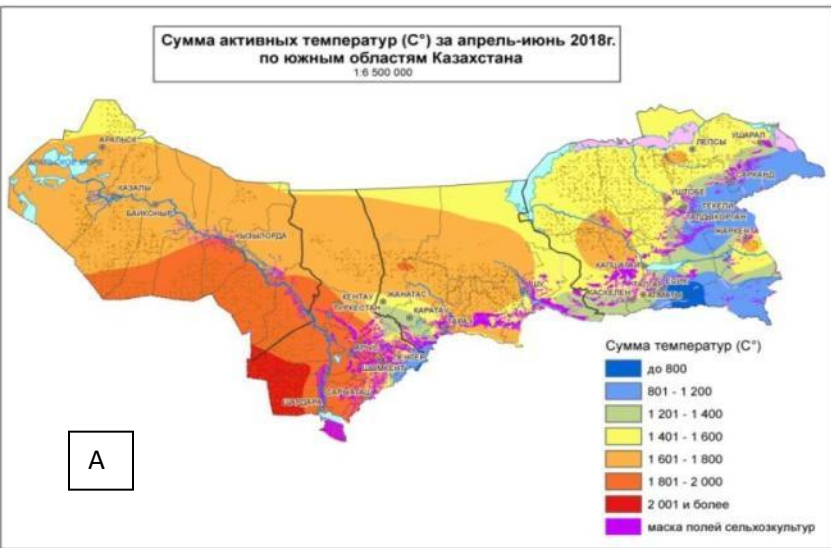
Суммарное количество осадков за сентябрь-ноябрь 2017 г. по южным областям РК : А- в мм; Б- % от нормы

*Осенний период 2017 года характеризовался в большинстве сельскохозяйственных районов южных областей РК значительным недобором осадков. Особенно засушливо было в период проведения массовых посевных работ озимых зерновых культур с сентября по октябрь 2017 г. в Туркестанской, на юго-западе и юго-востоке Алматинской областей. В ноябре 2018 г. прошли значительные осадки, но одновременно резко похолодало, сложились условия для закалки и перезимовки озимых зерновых культур.*

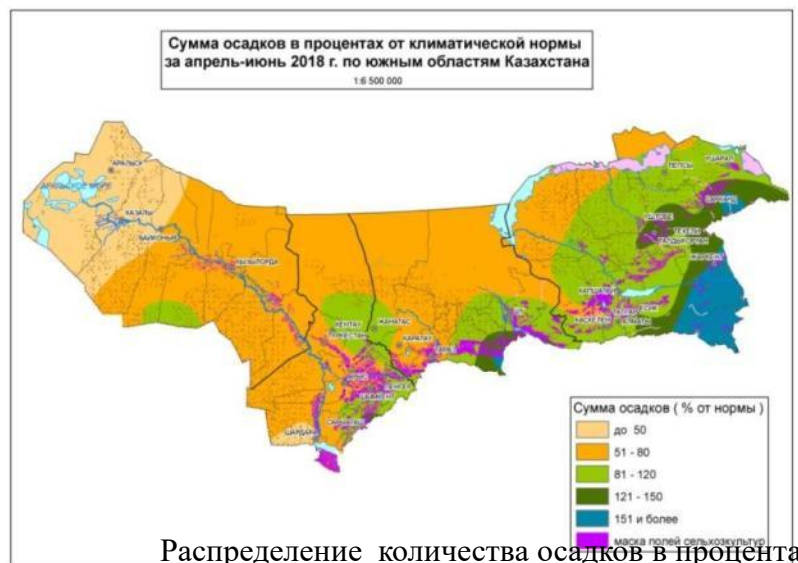
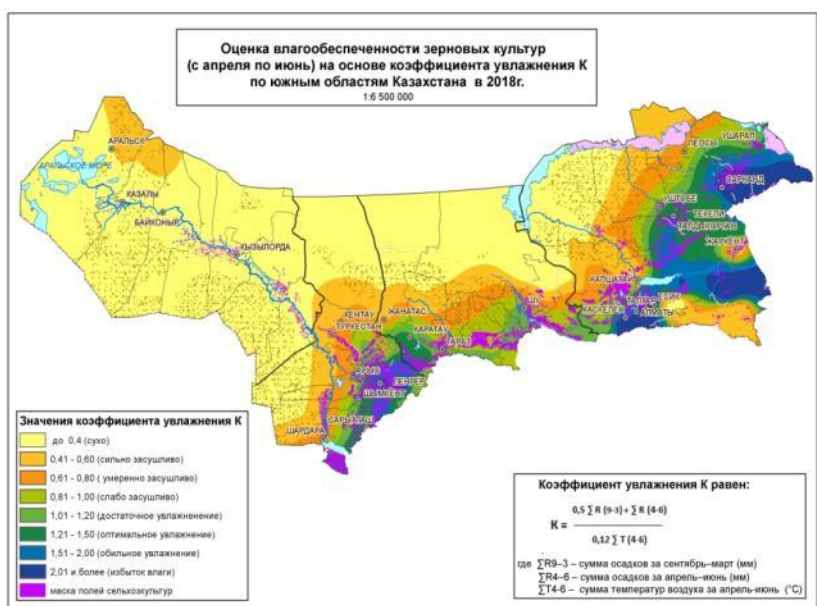
*Засушливая обстановка, наблюдавшаяся осенью в зоне возделывания озимых зерновых культур, неблагоприятно отразилась на запаздывании сроков сева, слабом развитии посевов перед уходом в зиму. На отдельных полях Туркестанской и Алматинской областей посевы осенью остались без всходов, что неблагоприятно сказалось на условиях их перезимовки при аномально холодной малоснежной зиме.*

# Анализ агрометеорологических условий в 2018 г.

Распределение термических ресурсов (°C) по территории Южного Казахстана за апрель-июнь 2018 г. :  
 А- сумма активных температур воздуха;  
 Б- отклонение сумм температур от климатической нормы



*Вегетационный период с апреля по июнь 2018 года характеризуется небольшим недобором термических ресурсов, чередованием периодов с дождливой прохладной погодой., количеством осадков около нормы и больше ее.*



Распределение количества осадков в процентах от климатической нормы в зоне возделывания озимых и яровых зерновых культур за апрель-июнь 2018 г.

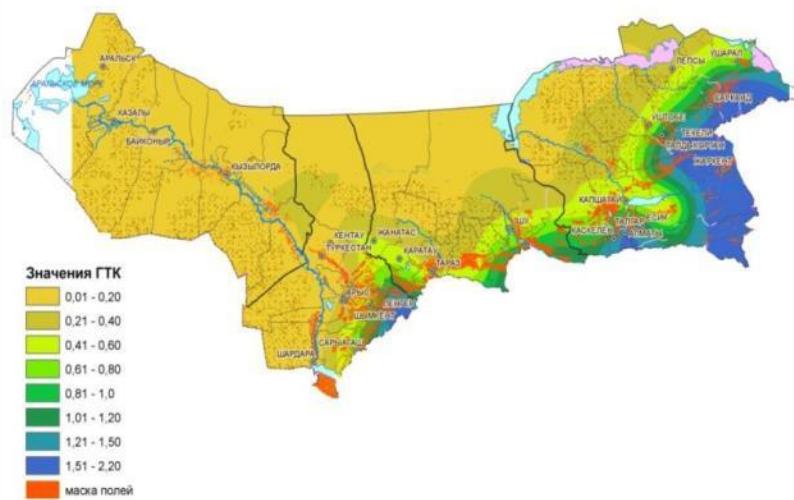
# Районирование гидротермических условий 2018 г. в Южном Казахстане на основе ГТК

Для спутниковой оценки состояния и прогноза урожайности зерновых культур применительно к условиям текущего года, было предварительно выполнено районирование территории южных областей Казахстана и определены однородные зоны увлажнения в 2018 г. на основе гидротермического коэффициента увлажнения Г. Т. Селянинова (ГТК), рассчитываемого по формуле:  $ГТК_{4-6} = \sum R_{4-6} / 0,1 \sum T_{4-6}$ ;

где,  $\sum R_{4-6}$  - сумма осадков за период апрель – июнь, мм;

$\sum T_{4-6}$  - сумма активных температур выше 10 °С за период с апреля по июнь.

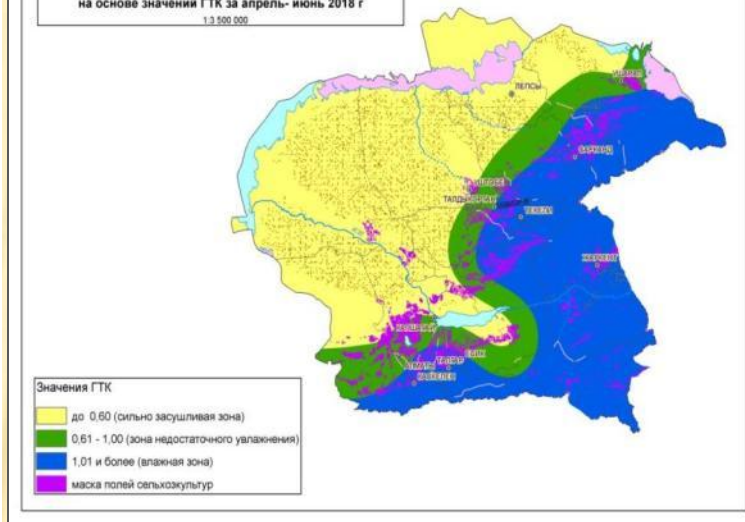
Распределение значений ГТК за апрель-июнь 2018 г.  
по южным областям РК  
1:8 500 000



Значения ГТК

0,01 - 0,20
0,21 - 0,40
0,41 - 0,60
0,61 - 0,80
0,81 - 1,0
1,01 - 1,20
1,21 - 1,50
1,51 - 2,20
маска полей

Зональное распределение агрометеорологических условий  
по Алматинской области  
на основе значений ГТК за апрель-июнь 2018 г.  
1:3 500 000



Значения ГТК

до 0,60 (сильно засушливая зона)
0,61 - 1,00 (зона недостаточного увлажнения)
1,01 и более (влажная зона)
маска полей сельскохозяйств

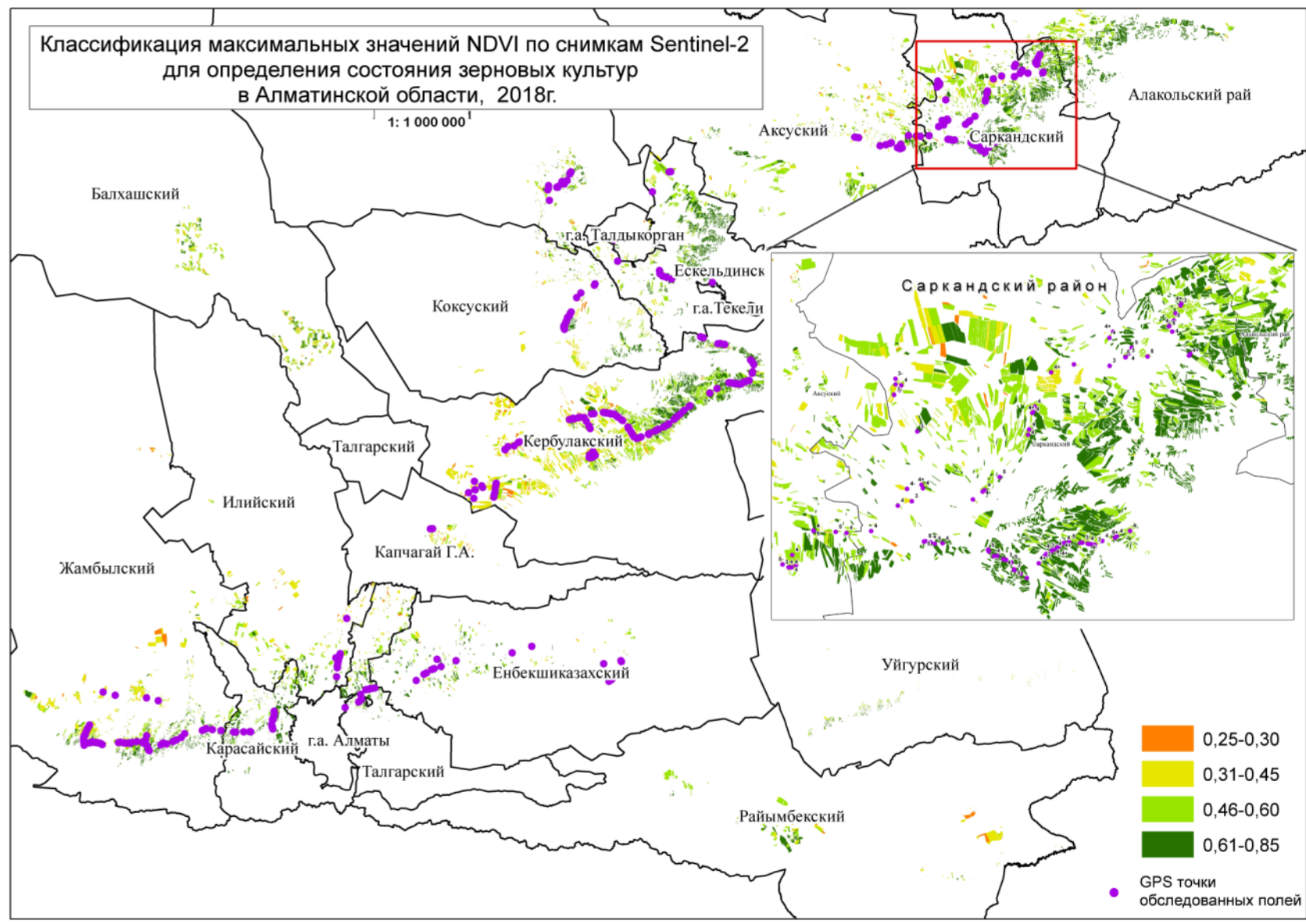
*Зональное деление  
Алматинской  
области по  
гидротермическим  
условиям  
увлажнения на  
основе ГТК в  
2018 г.*

*Пространственное распределение значений ГТК за апрель-июнь 2018 г. по территории южных областей РК*

Результаты анализа показывают, что достаточные условия увлажнения в текущем году (ГТК от 1.00 до 1.50) оцениваются по предгорьям и горам Алматинской, на небольшой территории предгорной зоны Жамбылской и Туркестанской областей. Зоны достаточного увлажнения, благоприятных условий вегетации и формирования урожайности зерновых культур в основном совпадают с приподнятым рельефом местности над уровнем моря, высотой от 800 до 1200 м. В равнинной зоне южных областей, как и обычно, отмечалось недостаточное увлажнение, значения ГТК составили в основном от 0.60-0.80 до 0,81-0,90. В отдельных наиболее засушливых районах орошаемой зоны Туркестанской области ГТК не превышал 0,30-0,40, здесь посевы зерновых нуждались в вегетационных поливах.

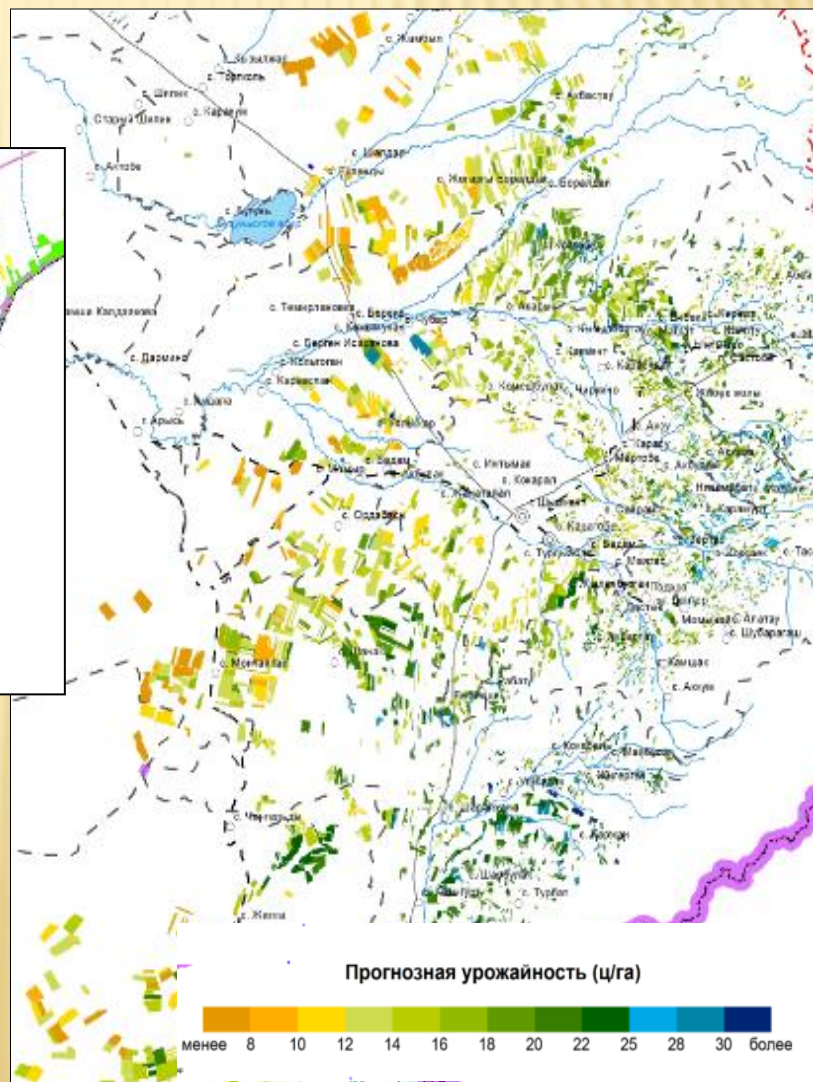
Классификация максимальных значений NDVI по снимкам Sentinel-2 для определения состояния зерновых культур в Алматинской области, 2018г.

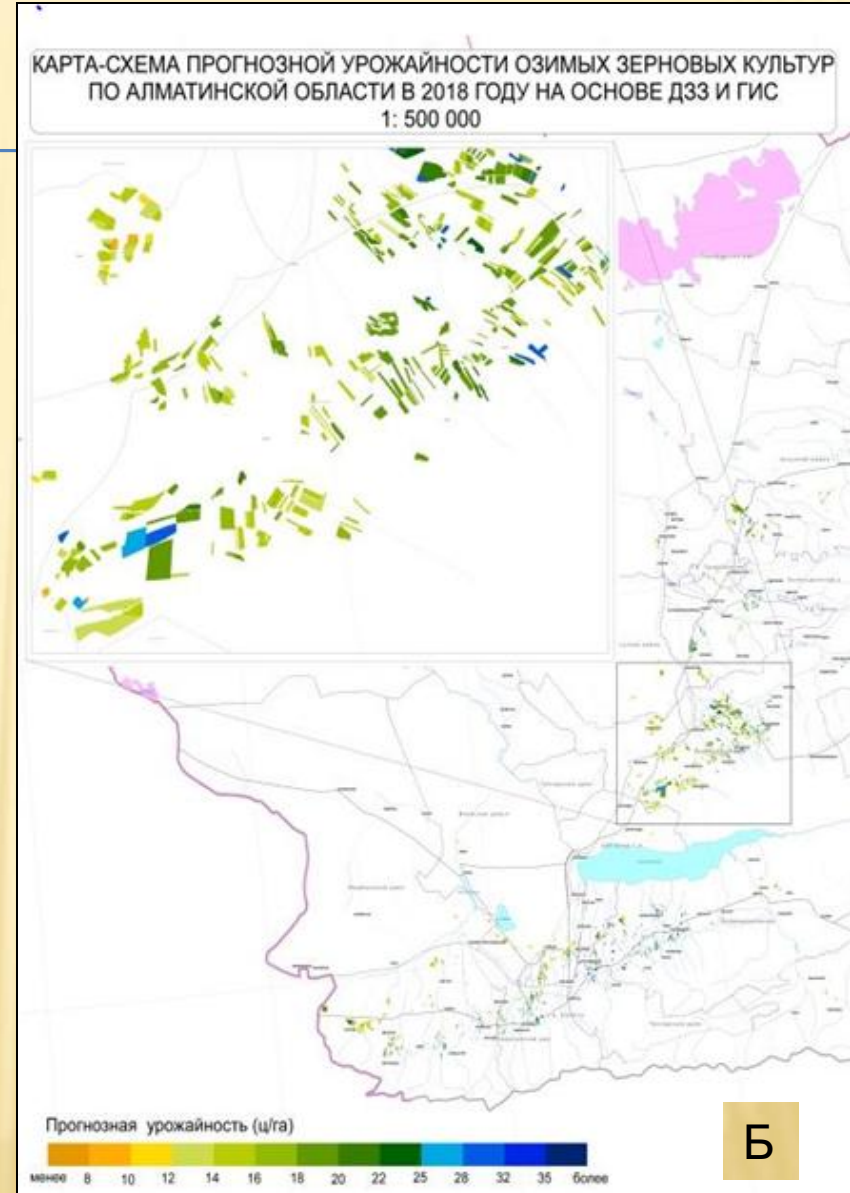
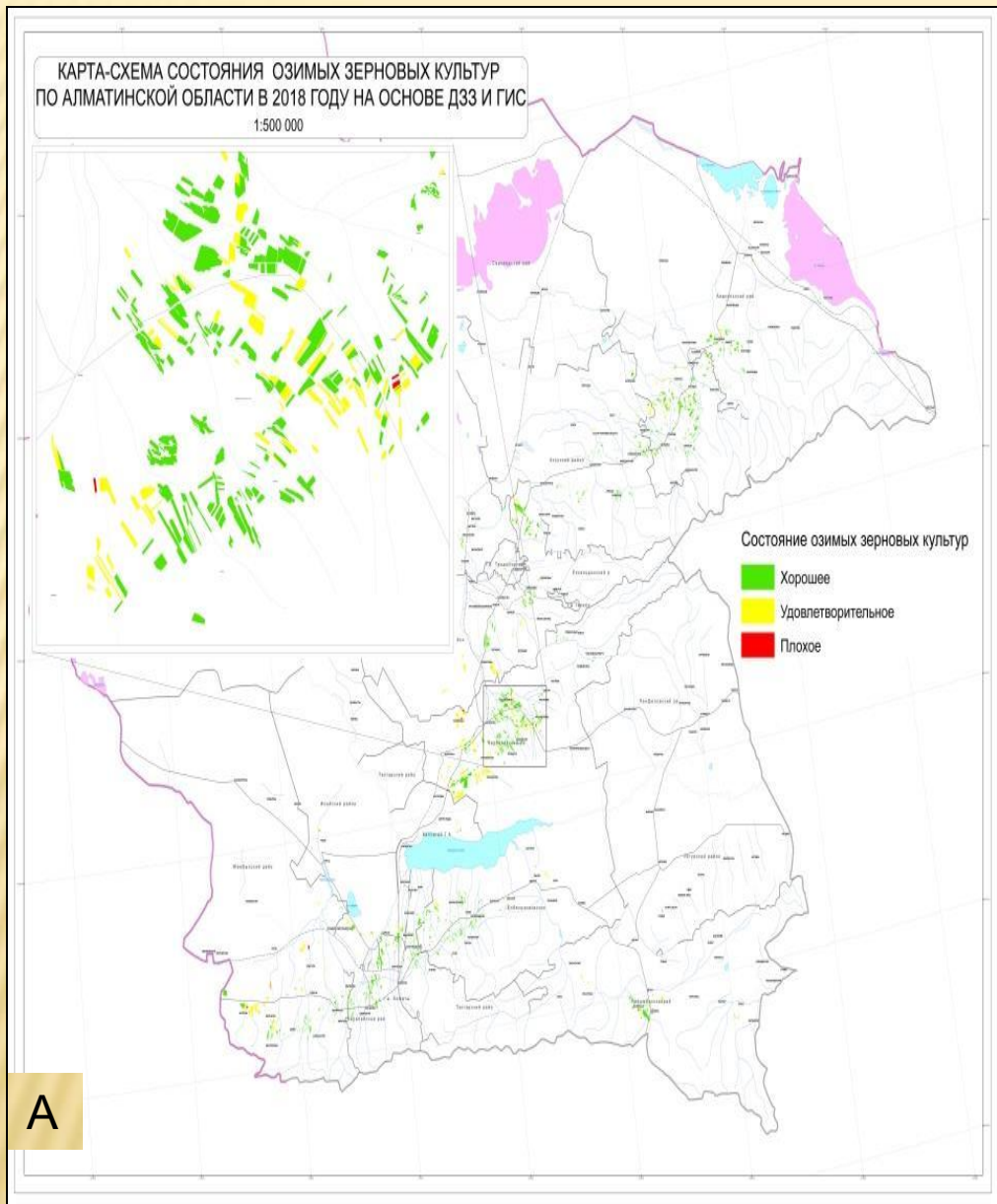
1: 1 000 000



Фрагмент карты-схемы прогнозной урожайности озимых зерновых культур по **Туркестанской области** в 2018 г. на основе ДЗЗ и наземной информации

Фрагмент карты-схемы состояния озимых зерновых культур в Турара Рыскулова районе **Жамбылской области** в 2018 г. на основе ДЗЗ и наземной информации

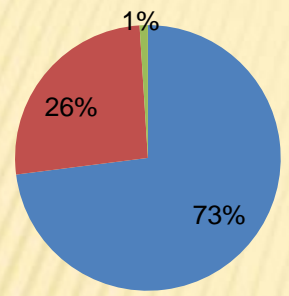




*Результатирующие карты спутниковой оценки состояния (А) прогнозной урожайности озимых зерновых культур (Б) в Алматинской области, 2018 г.*

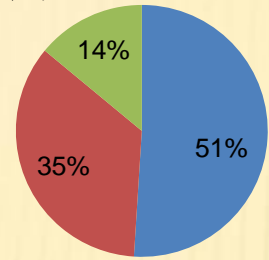
# Оперативное решение задач космического мониторинга зерновых культур в Южном Казахстане на основе данных Sentinel-2, Landsat-8, PlanetScope

Состояние зерновых культур в Алматинской области по данным ДЗЗ, 2018 г.



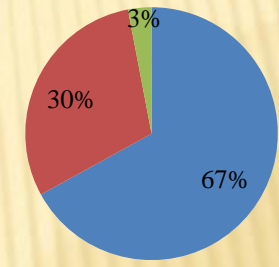
■ хорошее состояние  
■ удовлетворительное состояние  
■ плохое состояние

Состояние зерновых культур в Туркестанской области по данным ДЗЗ, 2018 г.



■ хорошее состояние  
■ удовлетворительное состояние  
■ плохое состояние

Состояние зерновых культур в Жамбылской области по данным ДЗЗ, 2018 г.



■ хорошее состояние  
■ удовлетворительное состояние  
■ плохое состояние

Спутниковая оценка состояния озимых и ранних зерновых культур (% площадей) по районам Жамбылской области, 2018 г.



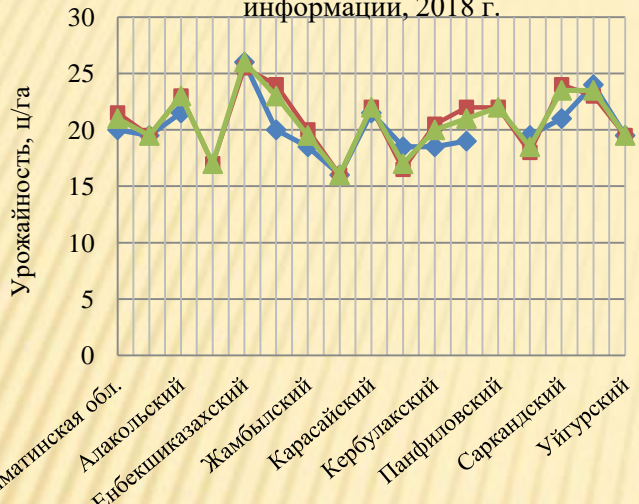
■ хорошее состояние ■ удовлетворительное состояние ■ плохое состояние

Результаты спутниковой оценки состояния посевов хорошо согласуются с данными наземных обследований и используются в качестве основы спутникового прогноза урожайности зерновых культур на уровне районов и в среднем по областям



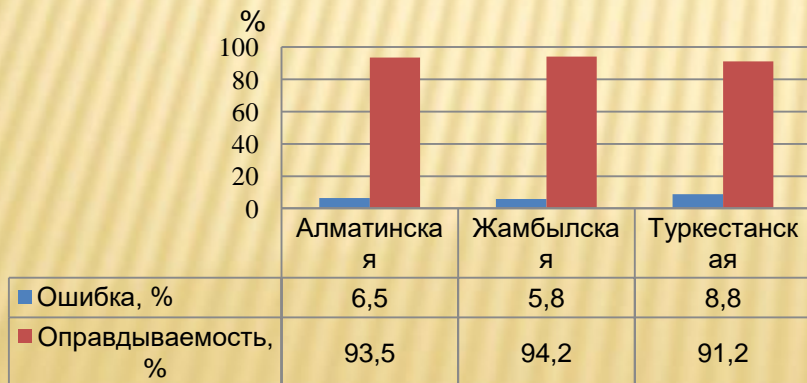
# Оперативное решение задач космического мониторинга зерновых культур в Южном Казахстане на основе данных Sentinel-2, Landsat-8, PlanetScope

Прогнозная урожайность зерновых культур по Алматинской области по ДЗЗ и наземной информации, 2018 г.

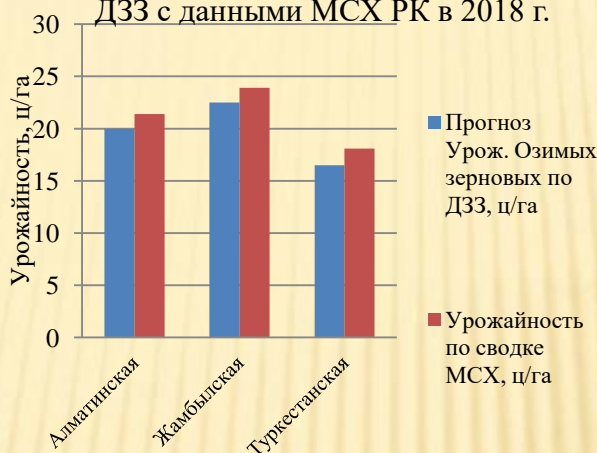


- ◆ Озимые зерновые
- Ранние яровые зерновые
- ▲ Яровые и озимые зерновые (суммарно)

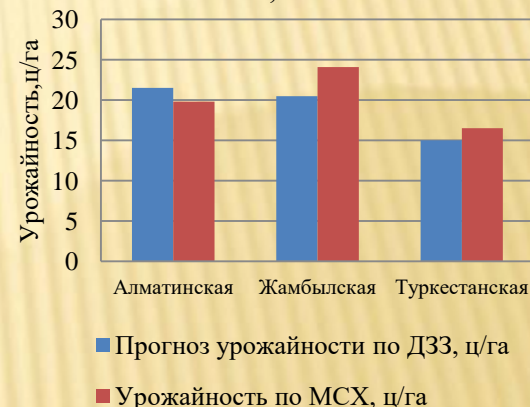
Оправдываемость прогноза урожайности озимых зерновых культур (%), 2018 г.



Сравнение прогнозной урожайности озимых зерновых по ДЗЗ с данными МСХ РК в 2018 г.



Сравнение прогнозной урожайности ранних яровых зерновых по ДЗЗ с данными МСХ РК, 2018 г.



Для оценки достоверности конечных результатов на основе ДЗЗ использовалась «Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов». В качестве критерия оценки оправдываемости служит формула относительной ошибки без учета знака:

$$P = (S_n - S_f) / S_f * 100 \%$$

где P- относительная ошибка, %;  $S_n$  – оцененная величина;  $S_f$  – фактическая величина; оправдываемость рассчитывается по формуле:  $100 \% - P$ .

**Оправдываемость прогноза урожайности озимых зерновых культур в 2018 г. - 91-94%, что соответствует отличной оценке; оправдываемость прогноза урожайности ранних яровых зерновых - 85-91 %.**

## Методика спутниковой оценки темпов уборки и уборочных площадей зерновых культур:

1. Определение по двум ближайшим датам космических данных (Sentinel-2, LANDSAT-8, PlanetScope) спектральных и текстурных изменений на полях в период созревания посевов и в ходе уборочных работ на поле с июня по октябрь текущего года на основе ранее определенных масок зерновых культур;
2. Визуальное дешифрирование космоснимков и расчет в программном комплексе ArcGis площадей и сроков уборки посевов озимых зерновых и яровых зерновых сельскохозяйственных культур;
3. Верификация спутниковых оценок с данными маршрутных обследований и статистической информацией.



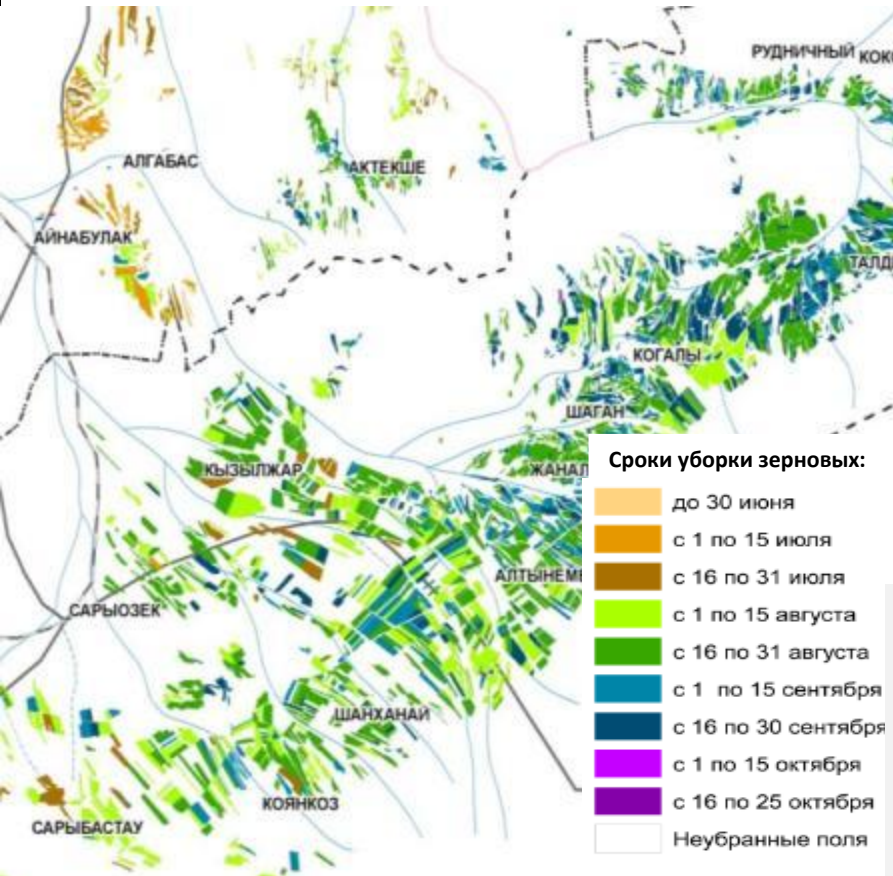
Обзорный вид происходящих изменений на полях озимой пшеницы в период проведения уборочных работ: А - посев в фазе полной спелости; Б,В - уборка созревшего посева с формированием копен соломы; В - характерный вид поля после уборки

Увеличение площади уборки озимой пшеницы за период с 29.07.2018 г. (А) по 3.08.2018 г. (Б) на космоснимках Sentinel-2 для массива полей Казыгуртского района Южно-Казахстанской области



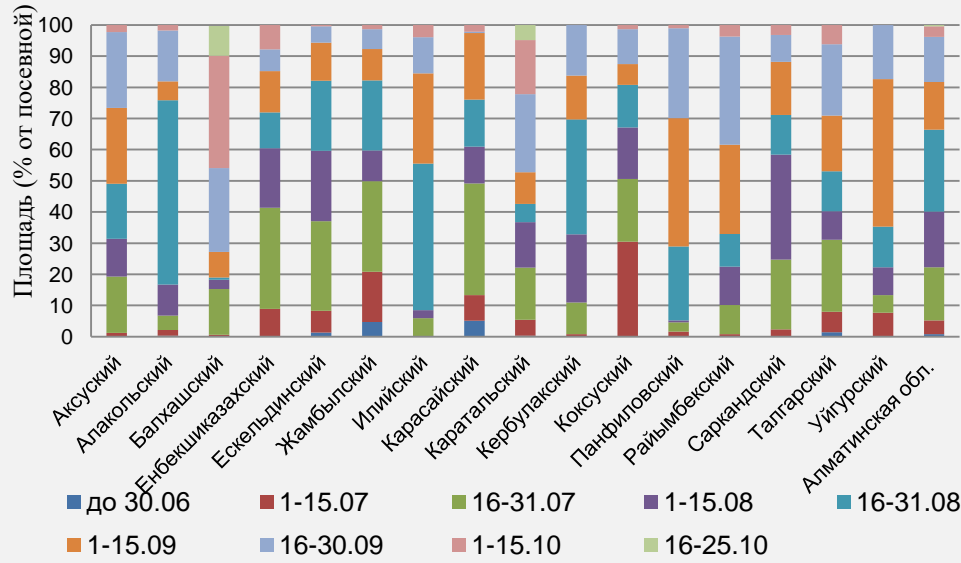
# Спутниковая оценка темпов и сроков уборки зерновых культур на юге РК по данным ДЗЗ в 2018 г.

Фрагмент карты - схемы сроков уборки зерновых в Кербулакском районе Алматинской области в 2018 г. на основе ДЗЗ и ГИС

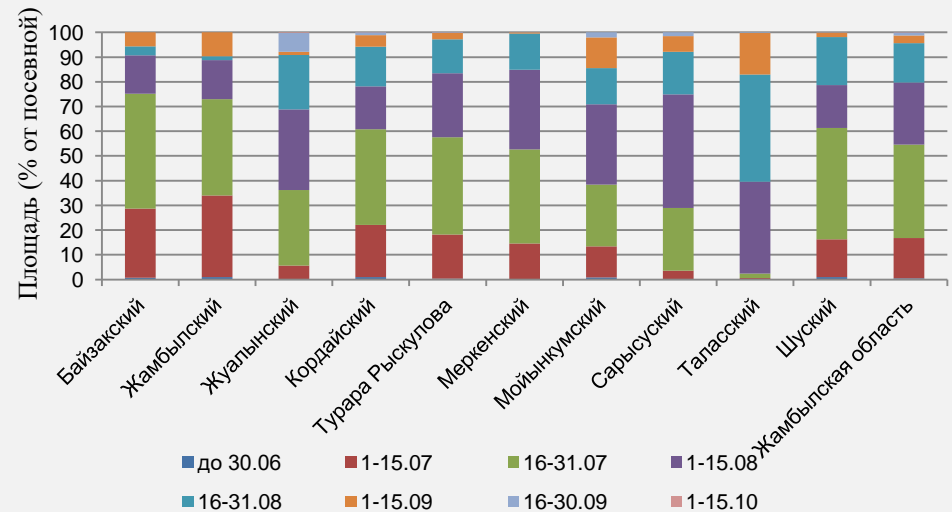


Результаты космического мониторинга представляют интерес для МСХ РК, руководителей аграрного сектора различного уровня, страховых компаний, банковских структур, учебных заведений, для землевладельцев и землепользователей.

## Темпы проведения уборки зерновых культур (%) по Алматинской области по данным ДЗЗ, 2018 г.



## Темпы проведения уборки зерновых культур (%) по Жамбылской области по данным ДЗЗ, 2018 г.



*Спасибо за внимание!*

[nkarabkina@mail.ru](mailto:nkarabkina@mail.ru)

[kartograf@inbox.ru](mailto:kartograf@inbox.ru)

