



двадцать третья международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"
Россия, г. Москва, 10-14 ноября 2025 г.

Малахов Д.В., Исламгулова А.Ф., Исаков Р.Т., Иманалинова А.А.

**Моделирование условий обитания фоновых и редких видов
растений Западного Казахстана на основе спутниковых данных,
наземных наблюдений и климатических сценариев**

Докладчик: ВНС, к.б.н. Исламгулова Анастасия Фаритовна
Лаборатория геоботаники, Институт ботаники и фитоинтродукции,
Алматы, Казахстан



Цель исследований: моделирование современных условий распространения фоновых и редких видов и прогнозирование благоприятных условий обитания.

Объекты исследования: фоновые и редкие виды Западного Казахстана

В условиях усиливающейся засушливости климата и роста антропогенного давления особую значимость приобретает оценка устойчивости ключевых компонентов флоры аридных экосистем.

Методика: Моделирование современных условий обитания выполнено в среде ArcGIS Pro 3.5.3 на основе биоклиматических переменных WorldClim с применением принципа «только присутствие». В анализ включены параметры температуры воздуха, количества осадков, эвапотранспирации и характеристик рельефа, переклассифицированные в диапазоны, отражающие оптимальные условия для видов.

Для оценки долговременных климатических тенденций использованы данные TerraClimate и Climate Data Store, охватывающие такие показатели, как температура воздуха, среднегодовое количество осадков, глубина снежного покрова и температура почвы.

Состояние растительного покрова оценивалось по вегетационным индексам NDVI и SAVI, рассчитанным на основе данных TERRA/MODIS за период 2000–2024 гг.

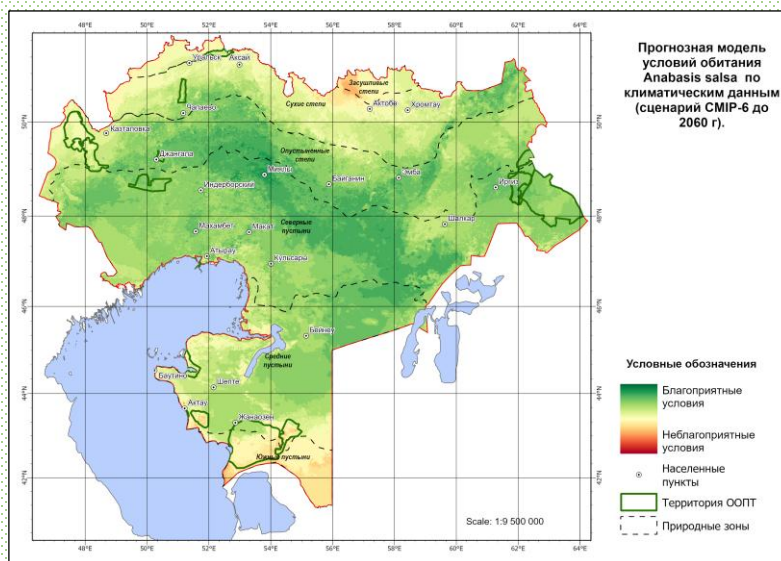
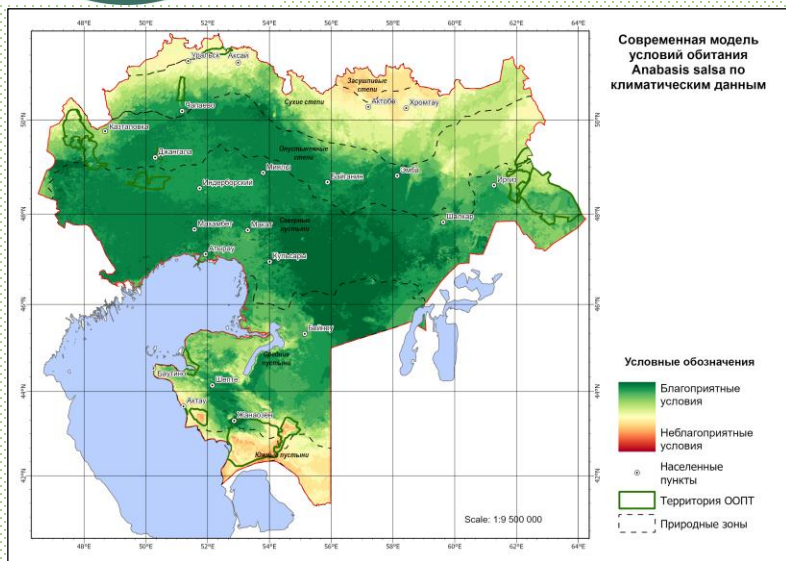
Прогнозные модели построены по сценарию CMIP6 RCP8.5, характеризующемуся экстремальным ростом температур и снижением количества доступной влаги, для горизонта 2060 года.

Для построения моделей использован: собственные и архивные полевых исследований, материалы гербарных фондов, сведения из информационно-аналитической базы данных (<https://biokadastr.kz/>), международные ресурсы *iNaturalist*, GBIF и Плонтариум. В общей сложности проанализировано 430 точек присутствия *Artemisia terrae-albae*, 465 точек *Anabasis salsa* и 2491 точка *Tulipa suaveolens* по территории Казахстана и сопредельных стран, а также 148 точек *Caroxylon orientale* в пределах Казахстана.



Результаты исследований

Сравнение площадей, пригодных для обитания биюргуна (*Anabasis salsa*) в настоящее время и в 2060 году, согласно сценарию CMIP6

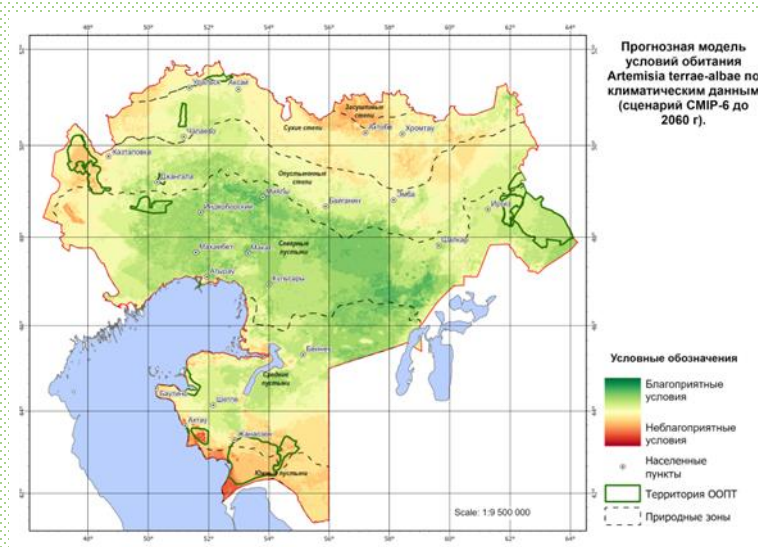
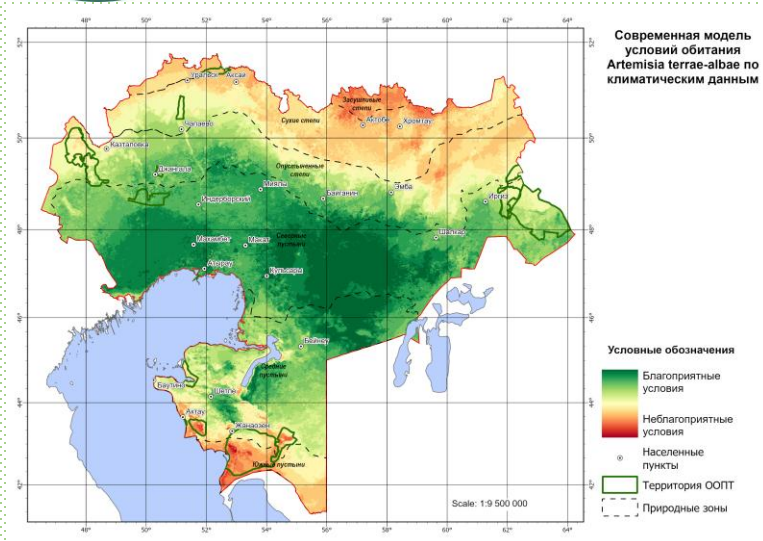


Anabasis salsa (ежовник солончаковый, биюргун) представитель пустынной флоры Ирано-Туранской области, широко распространенный на территории Центральной Азии – типичный галофит и ксерофит, приспособленный к существованию в условиях высокой аридности и засоленности почв. Распространен на солончаках, солонцеватых и глинисто-щебнистых субстратах, такырах. Биологические адаптации включают редуцированные листья, суккулентные побеги и способность к накоплению солей. Мировой ареал *A. salsa* охватывает Прикаспий, Среднюю Азию, Кавказ, Иран и юг Западной Сибири. Модель современных условий демонстрирует широкую зону высокой климатической пригодности для *A. salsa* по всему Западному Казахстану, с наиболее оптимальными территориями в Прикаспийской низменности и на плато Устюрт, где сформированы стабильные популяции. Северные степи и южные пустыни характеризуются менее благоприятными условиями, однако присутствие вида и там подтверждает его широкую экологическую амплитуду. Прогнозируется сокращение ареала на северной и южной границе. Центральные районы – Прикаспийская низменность и Устюрт сохраняют статус климатических «рефугиумов» с устойчивыми условиями. Ареал вида приобретает мозаичную структуру: периферийные популяции будут исчезать или фрагментироваться, тогда как ядровые центры останутся стабильными. В практическом плане сокращение местообитаний может негативно отразиться на кормовой базе: в зимний период *A. salsa* является ценным кормом для верблюдов и диких копытных (сайга).



Результаты исследований

Сравнение площадей, пригодных для обитания полыни (*Artemisia terrae-albae*) в настоящее время и в 2060 году, согласно сценарию CMIP6



Artemisia terrae-albae (Полынь белоземельная) – встречается по всему пустынному Казахстану, кроме сильно засоленных почв.

Сравнительный анализ карт современной модели условий обитания и прогнозной модели показывает ухудшение условий в центральной и западной (Северо-Прикаспийской) части Западно-Казахстанского региона — от опустыненных степей на севере до средних пустынь на юге. Степень снижения благоприятности невелика, однако тенденция указывает на начало процессов, способных привести к сокращению экологической устойчивости вида в пустынной зоне. В то же время территории сухих и засушливых степей становятся более благоприятными для существования данного вида.

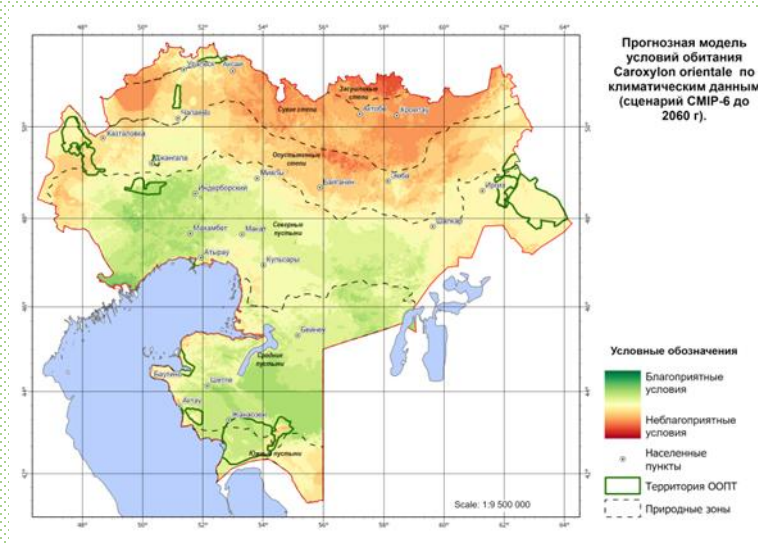
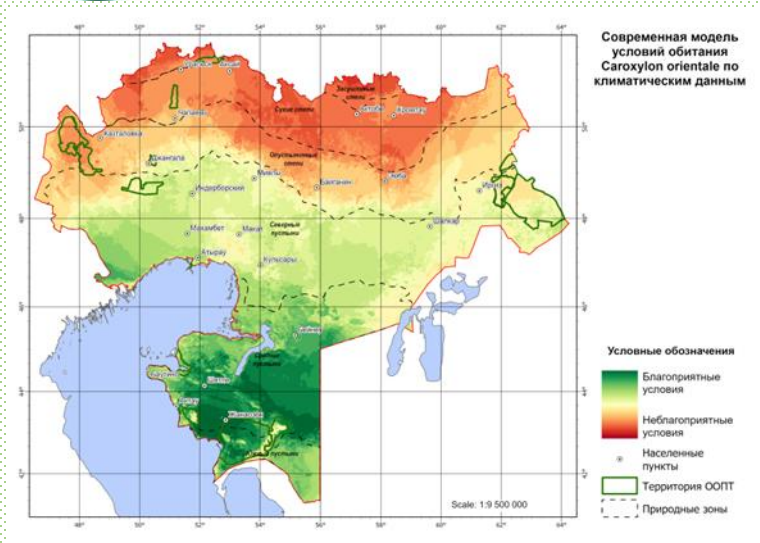
Можно предположить постепенное ослабление фитоценотической роли *A. terrae-albae* в сложении растительного покрова пустынной зоны и ее относительное смещение в сторону степных экосистем.

Такое перераспределение экологических ниш может привести к трансформации структуры растительного покрова: в пустынях уменьшится доминирующая роль *A. terrae-albae*, тогда как в степных сообществах ее участие усилится.



Результаты исследований

Сравнение площадей, пригодных для обитания солянки восточной (*Caroxylon orientale*) в настоящее время и в 2060 году, согласно сценарию CMIP6



Caroxylon orientale (солянка восточная, соляночник восточный) - типичный ксерофит и галофит, приурочен к аридным регионам, предпочитает глинисто-щебнистые пустынные субстраты, такыры, а также солонцеватые почвы. Ареал вида охватывает Казахстане, Среднюю Азию, Кавказ, Иран, Афганистан, северные районы Китая. В пределах Казахстана - Прикаспий, Устюрт, Мангышлак, северные и средние пустыни.

Современная модель показывает, что основные оптимальные местообитания сосредоточены в южной части Западного Казахстана: на полуострове Мангышлак, в северном Прикаспии и на плато Устюрт. В северных районах климатические параметры не соответствуют экологическим требованиям вида - более холодные зимы и недостаток засоленных субстратов.

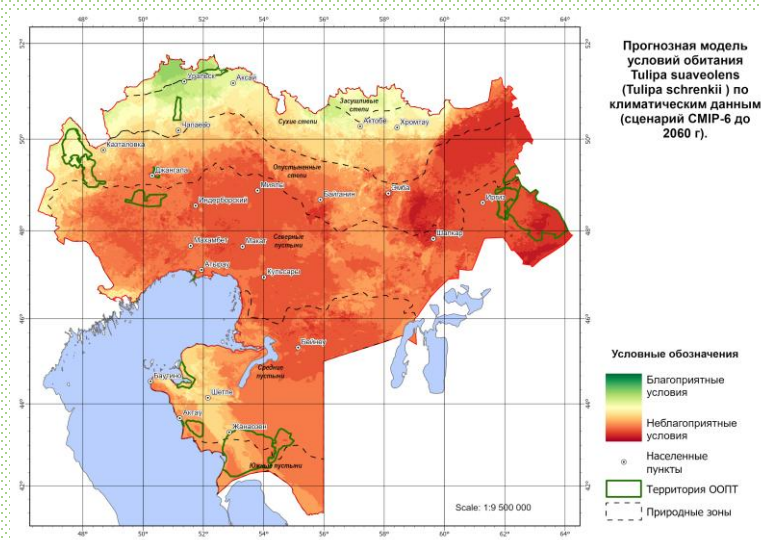
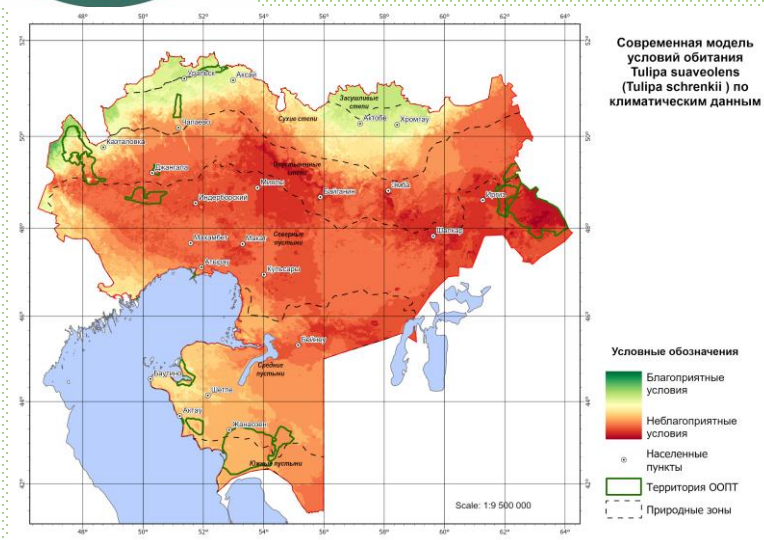
Прогнозная модель демонстрирует сокращение площади пригодных местообитаний. Наибольшие изменения ожидаются в средних и южных пустынях Мангышлака, где условия сохраняются, но становятся менее оптимальными. В то же время прогноз остается в целом положительным за счет расширения территорий с нейтральной пригодностью.

К 2060 г. ареал *C. orientale* будет ограничен западными и центральными районами северных и средних пустынь, при снижении роли южных пустынь Мангышлака. Этот процесс приведет к фрагментации популяций и повышению риска снижения генетического разнообразия.



Результаты исследований

Сравнение площадей, пригодных для обитания Тюльпана Шренка (*Tulipa suaveolens*) в настоящее время и в 2060 году, согласно сценарию CMIP6



Tulipa suaveolens (Тюльпан Шренка (*T. schrenkii*)) – вид занесен в Красную Книгу Казахстана.

Прогноз указывает, что к 2060 г. усиление ксерофитизации климата будет определяться не только общим повышением температур, но и сокращением продолжительности снежного покрова и уменьшением влагозаряда почвы ранней весной, от которых напрямую зависит успешность прохождения короткого цикла развития эфемероидов. Для *T. suaveolens*, цикл развития которого жестко связан с ранневесенним «фенологическим окном», это означает сокращение пригодных равнинных экотопов и смещение ареала в зоны с более разнообразным микрорельефом. Здесь за счет северных склонов, тальвегов и карбонатных обнажений сохраняются микрорефугиумы с благоприятным сочетанием влаги и температур. В совокупности с эдафической приуроченностью вида к щебнистым и карбонатным субстратам это отражает мозаичную реакцию ареала на климатические изменения: локальное сокращение в степной зоне сопровождается формированием новых очагов в горных и предгорных районах.

Динамика ареала отражает общую тенденцию для степных эфемероидов Центральной Азии: сокращение равнинных местообитаний при сохранении и локальном расширении горно-предгорных рефугиумов в условиях экстремальных климатических сценариев.



Комплексное моделирование, основанное на спутниковых данных, климатических сценариях и разнородных источниках наземной информации, позволило выявить как угрозы, так и потенциальные зоны устойчивости для фоновых и редких видов флоры Западного Казахстана. Эти результаты формируют научную основу для выделения приоритетных территорий охраны, расширения сети ООПТ, создания экологических коридоров и адаптации региональных стратегий сохранения флоры к прогнозируемым изменениям климата.

Спасибо за внимание!