

# РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЗАСУХ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА НА ОСНОВЕ МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Витковская И.С., М. Батырбаева М.Ж.

АО «Национальный центр космических исследований и технологий», Алматы, Казахстан

Казахстан является трансконтинентальным государством, расположенным на границе Европы и Азии между 40°32'-55°16'N, 46°30'-87°18'E. Большая часть республики принадлежит к аридной и полуаридной природным зонам: 36% территории занимают пустыни, 18% - полупустыни, 35% - степь. Казахская степь включает различные подзоны от лесостепи до опустыненной степи и северной пустыни.

Сельское хозяйство и животноводство являются ведущими направлениями в экономике Казахстана. Основные пахотные земли находятся в северных областях Казахстана в зоне неополнозного земледелия. Большая часть пастбищ находится в центральной и южной частях Республики. Состояние растительного покрова сильно зависит от погодных и климатических условий. Последнее десятилетие для территории Казахстана характеризуется усилением континентальности климата, повышением частоты возникновения неблагоприятных и экстремальных метеорологических явлений, в том числе засух.

Как отмечается в III-VI Национальном Сообщении по изменению климата (2013), повышение среднегодовой и сезонной температуры приземного воздуха, особенно в летние месяцы, наблюдается повсеместно. Изменения климата способствуют расширению засушливых участков и увеличению частоты засух, что негативно влияет на урожайность сельхозпродукции.

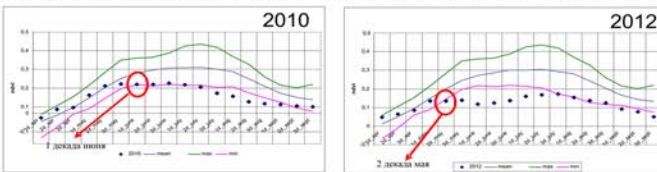
Оценка пространственно-временных особенностей состояния растительного покрова Казахстана проводится по спутниковой информации низкого разрешения (NOAA, MODIS) в масштабах сезонных изменений по дифференциальным индексам NDVI, VCI, VHI и многолетним индексам IVI и IVCI, рассчитанным за вегетационные сезоны 2000-2016 гг. Вегетационные индексы рассчитаны как по-пиксельно для получения цифровых карт, так и по-объектно для оценки состояния растительного покрова в масштабах области/района.

Исследования особенностей NDVI-кривых для различных регионов Казахстана и разных по погодным условиям лет показали:  
 - даты начала сезона вегетации в засушливые годы являются более ранними (на 1-2 декады) для всех областей, кроме южных;  
 - даты наступления пика вегетации значительно варьируются для областей, расположенных в различных частях Республики. Разница между датами вегетационных пиков в южных и северных областях республики может достигать 8 декад; разница между началом вегетационного сезона может достигать 3 декад.

Уменьшение значений индекса NDVI характеризует усиление погодного стресса (засушливость) на развитие растительного покрова, а значения индекса, превышающие порог 0,3-0,4 (характерный для степной растительности Казахстана), обусловлены влажными погодными условиями данного сезона.

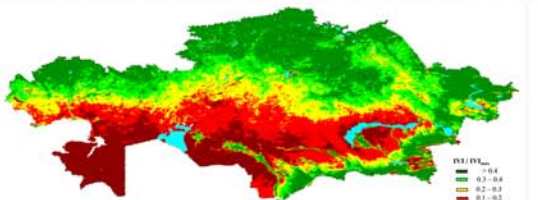
Разработана технология раннего распознавания ситуации сельскохозяйственной засухи и технология сценарного прогноза развития засух на территории Казахстана по комплексу спутниковых ВИ. В задаче раннего распознавания наступления засушливых условий используются текущие значения дифференциальных вегетационных индексов. Сбор информации по значениям спутниковых индексов начинается с установлением начала сезона активной вегетации:

- текущие значения NDVI сравниваются с многолетними максимальными, средними и минимальными значениями;
- совпадение и/или переход через многолетний минимум, оценивается как возможное наступление засушливых условий, определяется дата данного события;
- значения NDVI<sub>max</sub> и дата пика вегетации; проводится сравнение с многолетними значениями этих параметров для данного объекта;
- цифровые матрицы индекса условий вегетации VCI, позволяющие визуализировать участки с низкими значениями индекса; расчет площадей таких участков, а также их доли в общей площади объекта;
- цифровые матрицы индекса температурных условий TCI для оценки температурного режима в текущий момент;
- цифровые карты индекса здоровья растительности VHI, для которого существует подробная шкала определения засух различной интенсивности.

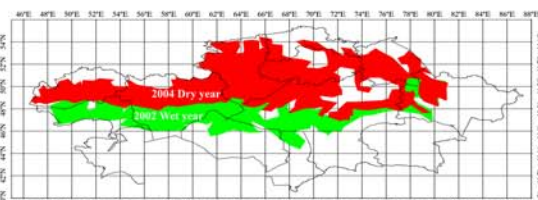


Разнообразие NDVI в вегетационных сезонах 2010 и 2012 гг. (Аккольский район, Акмолинская область).

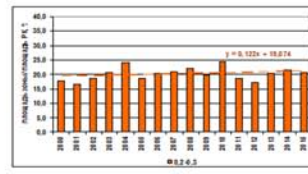
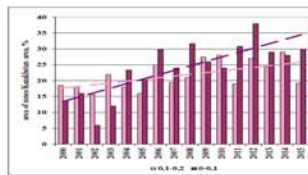
Для каждого территориального объекта текущие значения NDVI сравниваются с многолетними максимальными, средними и минимальными значениями для данной 10-дневки. По отклонению от среднего многолетнего значения в сторону максимальных/минимальных значений определяется степень благоприятности сезона. Фиксируется совпадение и/или переход через многолетний минимум, как возможное наступление засушливых условий с определением даты.



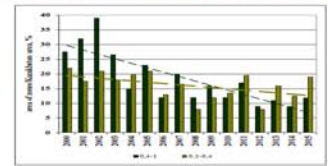
Зоны различной продуктивности растительности



Положения зоны с IVInorm (0,2-0,3) на территории Казахстана для различных погодных условий



Площади зон различной продуктивности растительности на территории Казахстана (определено по значениям IVInorm, 2000-2015 гг.)

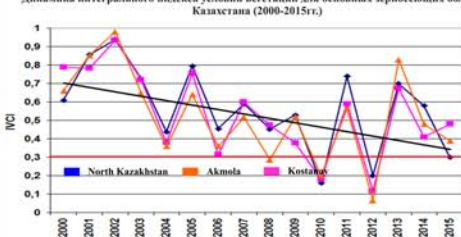


Территория Казахстана характеризуется широтным распределением природных зон с различной продуктивностью растительности. Районирование территории Казахстана производится по значениям нормированного интегрального индекса растительности IVI, рассчитанного на основе спутниковых данных за период 2000-2016 гг.

Рассчитана многолетняя динамика площадей зон с различной продуктивностью растительности. В годы с благоприятными погодными условиями наблюдается сильное увеличение площадей зон с высокой продуктивностью растительности, уменьшение площадей зон с низкой продуктивностью растительности и продвижение средней зоны со значениями IVInorm = (0,2-0,3) на юг, соответственно. Во время засух, когда растительность испытывает стресс из-за погодных условий, происходит пространственное расширение областей с низкой продуктивностью и перемещение средней зоны на север. Местоположение границ зоны со значениями IVI, принадлежащими диапазону (0,2-0,3), определяется в широтном направлении погодными условиями года: для всех влажных лет средняя площадь находится между 46° - 49° N, а для всех засушливых лет - между 47°30' - 54° N.

Информационный сервис результатов космического мониторинга состояния растительного покрова Казахстана, основанный на временных рядах вегетационных индексов

Динамика интегрального индекса условий вегетации для основных зерносеющих областей Казахстана (2000-2015 гг.)



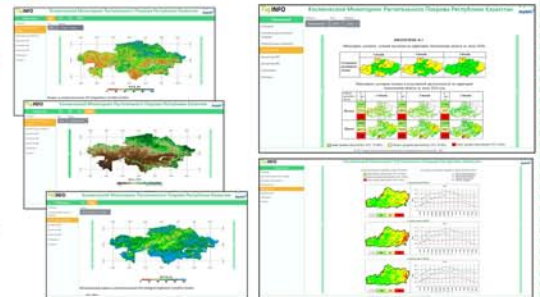
В разных агроклиматических зонах Казахстана интегральные показатели изменяются синфазно с четкой тенденцией снижения значений при наличии годовых отклонений от многолетнего среднего значения, при этом, амплитуды отклонений возрастают. Этот факт свидетельствует об увеличении засушливости исследуемой территории. Порог индекса IVCI, равный 0,3 (дистанционный признак засухи) также показан на графике. Так, по данным дистанционного зондирования засушливыми являются: 2008, 2010, 2012 годы - для Акмолинской области; 2010, 2012 - для Костанайской области; 2010, 2015 - для Северо-Казахстанской области.

Разработана Web-технология представления результатов космического мониторинга состояния растительного покрова и прогноза засух на территории Казахстана. Введен в эксплуатацию пилотный проект Web-сайта с результатами космического мониторинга состояния растительного покрова.

VEG-INFO - информационный сервис мониторинга состояния растительного покрова Республики Казахстан, оценки его сезонных и многолетних изменений на уровне административных областей и районов Казахстана. Основная задача сервиса - обеспечение возможности контроля текущего состояния растительности на интересующей специалистов территории (область, район, массив полей) на основе спутниковой информации.

Представлена информация о состоянии растительности для сезонов 2012, 2015-2017 годов (апрель-сентябрь), а также межсезонных изменений растительного покрова на примере Акмолинской и Костанайской областей и отдельных районов (Аккольский, Жаксынский, Амангельдинский, Камыстинский).

Вход в сервис VEG-INFO осуществляется по адресу [veginfo.spaceres.kz](http://veginfo.spaceres.kz).



## Выводы

Спутниковые данные дают общую интегральную оценку продуктивности земельных участков большой площади. Районирование территории Республики Казахстан с точки зрения продуктивности растительного покрова проведено на основе многолетних значений вегетационных индексов. Отмечается тенденция к увеличению засушливости растительности.

Кроме того, использование временных рядов интегрального индекса вегетационных условий (IVI) позволяет получить важную информацию о многолетней динамике в состоянии растительного покрова. Особо следует отметить наличие негативной тенденции в динамике интегральных индексов вегетации практически для всей территории Казахстана. Наибольшие темпы их снижения отмечены для западных регионов Казахстана. Этот факт можно объяснить влиянием ряда причин, но главную роль, безусловно, играют изменения агроклиматических условий, в том числе повышение засоленности и деградация почвы. Увеличивается контрастность погодных условий, о чем свидетельствует увеличение амплитуды отклонений интегрального индекса растительности от долгосрочного тренда изменений. Наконец, на основе анализа спутниковых изображений можно сделать вывод, что период 2000-2016 гг. характеризуется усилением негативного воздействия климата на растительность на всей территории Казахстана и, в частности, в полупустынных/засушливых зонах.