

УДК 910.3

Доктор геогр. наук

Ф.Ж. Акиянова¹К.А. Ткач¹

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО АНАЛИЗУ ВЕГЕТАЦИОННОГО
ИНДЕКСА SAVI В ПРЕДЕЛАХ МЕЖДУНАРОДНОГО
ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА НА КАЗАХСТАНСКОМ УЧАСТКЕ
«КОРГАС, ДОСТЫК – ПОРТ АКТАУ»**

Ключевые слова: транспортный коридор, проективное покрытие, вегетационный индекс SAVI

В статье изложены результаты изучения растительного покрова в пределах буферной 50-км зоны казахстанского участка международного транспортного коридора от г. Коргас (Хоргос) до порта Актау. Проведен анализ сезонных и многолетних изменений проективного покрытия растительности за последние пять лет на основе использования данных космической съемки. Выявлено, что применение индекса SAVI позволяет оперативно и для больших территорий оценить сезонные и годовые изменения проективного покрытия растительности, что важно как для устойчивой организации территории, так и для формирования благоприятной и безопасной среды для функционирования транспортного коридора.

Введение. Выгодное географическое положение Казахстана создает благоприятные условия для использования транзитного потенциала. В настоящее время по территории республики проходит пять международных транспортных коридоров: Северный, Центральный и Южный коридоры Трансазиатской железнодорожной магистрали, Север – Юг, ТРАСЕКА. Они связывают основные макроэкономические рынки мира – Китай и страны Азиатско-Тихоокеанского региона со странами Европейского Союза и СНГ. По территории республики они представлены шестью железнодорожными и шестью автомобильными транспортными путями [1]. Одним из них является международный мультимодальный транзитный коридор, проходящий по территории Казахстана от «восточных» (Коргас, Достык) до «западных» (порт Актау) ворот республики. Это важный сухо-

¹ Филиал ТОО «Институт географии», г. Астана, Казахстан

путный мост, который значительно сокращает сроки доставки грузов и усиливает потенциал транзитных возможностей и внешнеторгового баланса всех участников. Мультимодальный транспортный коридор, проходящий на территории Казахстана через Коргас, Достык до порта Актау, включает участки различного вида транспорта – железнодорожного, автомобильного, трубопроводного, а также их сочетаний. Общая протяженность коридора составляет 5410 км, площадь исследуемой 50-ти километровой буферной зоны – 522 840,6 км².

Выявлено, что физико-географические условия транзитного коридора оказывают влияние на стабильность, безопасность и эффективность его функционирования. Одним из условий, способствующих созданию благоприятной и безопасной среды для деятельности транспортного коридора и влияющих на формирование микроклимата, активность развития экзогенных процессов и степень аттрактивности ландшафтов, является растительный покров. Рассматривая влияние транспортного коридора на окружающую среду, можно выделить следующие типы воздействий: ингрессионное (привнесение в среду веществ и/или соединений, чуждых естественным биогеоценозам); параметрическое (изменение качественных параметров окружающей среды); биоценотическое (воздействие на живые организмы) и стационально-деструкционное (изменение ландшафтов и экологических систем, их структуры и целостности) [5]. Все эти типы воздействий в той или иной степени влияют на одну из наиболее чувствительных компонент природной среды – растительный покров.

При строительстве и функционировании транспортного коридора выявлены следующие виды воздействий на растительный покров:

- полное или частичное сведение растительности при прокладке дорожного полотна (разрушение техникой, вытаптывание, захламливание, загрязнение);
- изменение условий естественного стока и увлажнения грунтов посредством изменения рельефа, формирования протяженных насыпных форм и придорожных выемок;
- изменение микроклимата в зоне транспортного коридора;
- физическое шумовое, электромагнитное и вибрационное воздействия, создаваемые работающей техникой и транспортом;
- загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми металлами;
- усиление пожароопасной обстановки в результате воздействия антропогенных и природных факторов.

Стремительно увеличивающиеся грузопотоки по транспортному коридору больше всего влияют на деградацию и загрязнение растительного покрова, расположенного в непосредственной близости к дорогам. Большая часть загрязняющих веществ поступает в систему «почва – растение» при транспортировке грузов. Все указанные виды воздействий отражаются на состоянии и проективном покрытии растительности.

Оценка современного состояния, картографирование и мониторинг деградационных процессов растительного покрова на значительных площадях возможны на основе изучения данных дистанционного зондирования Земли, которые в дальнейшем могут дополняться и детализироваться на основе наземных исследований. Причем одним из доступных и информативных показателей является оценка проективного покрытия растительного покрова на основе индекса *SAVI*.

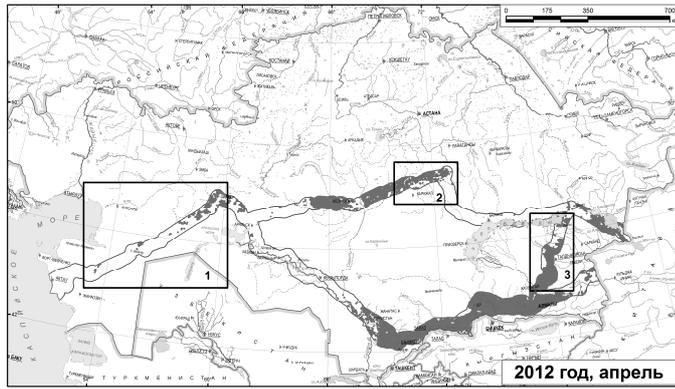
Опыт применения индекса *SAVI* для изучения состояния растительного покрова. Для оценки состояния и определения динамики проективного покрытия, т.е. показателя обилия растений в фитоценозе, использован вегетационный индекс *SAVI*. Индекс скорректирован с учетом разновидностей почв и разработан для сведения к минимуму их влияния на спектры. *SAVI* разработан как модификация Normalized Difference Vegetation Index (*NDVI*), структурирован аналогично, но с добавлением «коэффициента коррекции яркости почвы» [8].

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)} \cdot (1 + L),$$

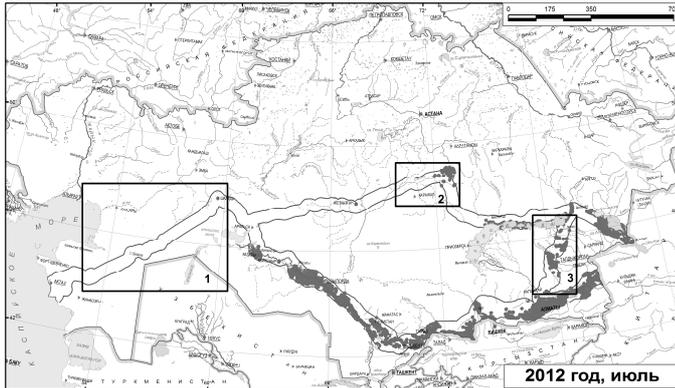
где *NIR* – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра, *RED* – коэффициент отражения в красной области спектра, *L* – коэффициент коррекции яркости почвы.

Величина *L* зависит от количества или покрытия зеленой растительностью, с высоким проективным покрытием *L* = 0; с низким *L* = 1. Индекс *SAVI* рассчитан в геоинформационной программе ArcGIS 10.2 с использованием пространственного анализа. Обработанный снимок *SAVI* сохранялся в виде слоя изображения со значениями от -1 до +1, при этом наблюдалась прямая зависимость между значением и проективным покрытием.

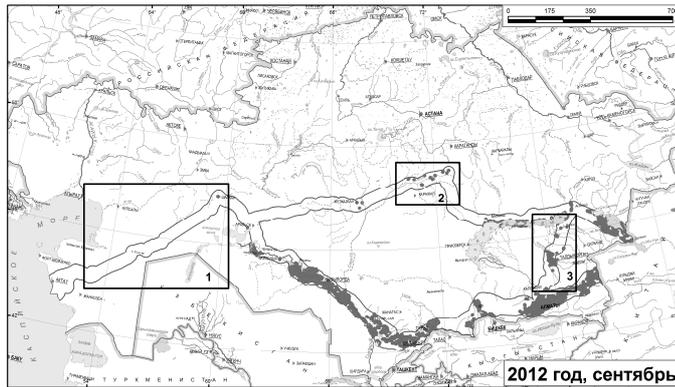
Для анализа сезонных изменений проективного покрытия растительности проанализированы весенние (апрель), летние (июль) и осенние (сентябрь) снимки, для анализа ряда лет проведен сравнительный анализ снимков с 2012 по 2016 гг. (рис. 1). В связи с большой площадью исследуемого транспортного коридора использованы снимки MODIS (MOD09A1) с разрешением 500 м.



а



б



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

| | |
|---|--|
|  буферная зона казахстанского участка международного транспортного коридора «Коргас и Достык - порт Актау» |  территория, покрытая растительностью |
|  ключевые участки: 1 - Западный |  2 - Центральный |
| |  3 - Юго-Восточный |

в

Рис. 1. Карты сезонной (а – весна, б – лето, в – осень) динамики растительного покрова в течение 2012 г. в пределах международного транспортного коридора на казахстанском участке «Коргас, Достык – порт Актау».

В результате анализа индекса *SAVI* выделен диапазон, который идентифицировал растительность. Для получения более корректных результатов диапазон значений разных сезонов определялся отдельно, для апреля он находится в пределах 0,4...1,0, для июля – 0,7...1,1, для сентября – 0,6...1,0. На основе конвертации файлов в векторный формат получена возможность создания карт, определения площадей распространения растительного покрова и расчёта проективного покрытия (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Сводная таблица расчета показателя проективного покрытия территории транспортного коридора по индексу *SAVI*

| Год | Месяц | Площадь растительного покрова, км ² | Проективное покрытие растительного покрова, % |
|------|----------|--|---|
| 2012 | апрель | 54154,7 | 18,61 |
| | июль | 10792,4 | 3,71 |
| | сентябрь | 6062,4 | 2,08 |
| 2013 | апрель | 92171,4 | 31,67 |
| | июль | 13906,2 | 4,78 |
| | сентябрь | 9164,9 | 3,15 |
| 2014 | апрель | 42342,2 | 14,55 |
| | июль | 10180,4 | 3,5 |
| | сентябрь | 4906,3 | 1,69 |
| 2015 | апрель | 67832,2 | 23,31 |
| | июль | 10468,2 | 3,6 |
| | сентябрь | 7862,9 | 2,7 |
| 2016 | апрель | 118405,1 | 40,68 |
| | июль | 17974,4 | 6,18 |
| | сентябрь | 7162,4 | 2,46 |

Анализ сезонных изменений проективного покрытия растительности за последние годы свидетельствует о наличии единой тенденции: максимум проективного покрытия весной и его значительное уменьшение летом, минимальное значение для осени. Это связано с обилием растительности аридных зон в весенний период, когда происходит наиболее благоприятное сочетание тепла и влаги. Условия способствуют росту эфемеров, максимум которых приходится на март – апрель. В летний и осенний периоды растительный покров представлен типичной зональной растительностью пустынь, значительно деградированной на отдельных участках под воздействием антропогенного фактора.

В целом казахстанский участок международного транспортного коридора пересекает территории трёх физико-географических стран, девяти областей, двенадцати провинций, двадцати четырех округов, пятидесяти четы-

рех районов [4]. В пределах транспортного коридора преобладает равнинный рельеф, в тоже время наблюдаются участки расчленённых предгорных и межгорных равнин, мелкосопочника, а также крутых уступов (чинков). Западная часть транспортного коридора проходит по южной подзоне пустынь с эфемерово-полынной растительностью в пределах структурно-денудационного плато Мангыстау и Устирт [3]. Далее трасса пересекает северную подзону пустынь с полынно-солянковой растительностью в пределах пластово-денудационных и аккумулятивных равнин Северного Приаралья и столовых денудационных плато Торгая. Северная ветвь транспортного коридора проходит по разнорельефным цокольным равнинам с участками мелкосопочника в пределах южного ската Сарыарки. Растительный покров сменяется с севера на юг от полынно-ковыльных степей до комплексных злаково-боялычевых, биюргуновых и тасбиюргуновых северных пустынь Прибалкашья. Южная ветвь транзитного коридора следует по аллювиальным равнинам долины р. Сырдарии с черносаксауловой, еркеково-полынной и биюргуновой растительностью, а также кустарниково-ивово-лоховыми тугаями, тростниковыми и луговыми сообществами вдоль русел реки. Далее транспортный коридор проходит по предгорным и межгорным равнинам юга и юго-востока республики. Растительный покров представлен преимущественно предгорными эфемероидно- и псаммофитно-полынными сообществами, межгорно-котловинными петрофитно-многолетнесолянковыми и осоково-полынно-смешанносаксауловыми сообществами.

Для детального анализа определены три ключевых участка вдоль транспортного коридора, которые расположены в различных физико-географических условиях (рис. 1). Общим критерием для их выделения послужило их местоположение на границах физико-географических районов, для них характерен тип местообитания со сложной экологической структурой и биологическим разнообразием. Выделены следующие ключевые участки:

1. Западный. Включает Мангыстау-Устиртский район. Характерна галофитная пустынная растительность. Наблюдаются сарзановые, бюргуновые, местами в комплексе с белоземельно-полынными, и многолетнесолянковые растительные сообщества [2].
2. Центральный. Включает юго-западную часть Казахского мелкосопочника в пределах долины Сарысу. Представлен степной растительностью, местами с распространением галофитных сообществ. Наблюдается типчаково-ковыльная, тонковатополынно-тырсовая, кустарниково-петрофитно-разнотравная растительность [2].
3. Юго-восточный. Территория участка простирается от оз. Балкаш, западные отроги Жетысу Алатау на юг до северных отрогов

Иле Алатау. В пределы участка входят пески Таукум и Сарыесик Атырау. Для территории характерны криофитные высокогорные луга, горные леса, горные разнотравно-ковыльные и сухие типчаково-ковыльные степи, предгорная растительность мелкосопочников и псаммофитная растительность песчаных массивов [2].

Для ключевых участков проанализированы климатические данные (температура и осадки) за 2012...2016 гг. в зависимости от сезона (апрель, июль, сентябрь) [6, 7, 9]. Данные сведены в таблицы для каждого участка (табл. 2).

Таблица 2

Климатические данные и показатели проективного покрытия по центральному ключевому участку.

| Год | Месяц | Средняя температура за месяц | Общее количество осадков за месяц, мм | Проективное покрытие растительностью, % |
|------|----------|------------------------------|---------------------------------------|---|
| 2012 | апрель | 13,4 | 8,3 | 5,8 |
| | июль | 24,6 | 38 | 0,3 |
| | сентябрь | 13,7 | 5,3 | 0,05 |
| 2013 | апрель | 10 | 28 | 10,1 |
| | июль | 18,5 | 10 | 2,2 |
| | сентябрь | 17,2 | 1,8 | - |
| 2014 | апрель | 6,1 | 21,4 | 0,9 |
| | июль | 20,3 | 6 | 0,5 |
| | сентябрь | 13,1 | 10,6 | 0,01 |
| 2015 | апрель | 8,8 | 16 | 5,4 |
| | июль | 24,5 | 23,8 | 1,8 |
| | сентябрь | 14,1 | 10,3 | 0,02 |
| 2016 | апрель | 10,2 | 24,3 | 29,4 |
| | июль | 21,4 | 8 | 3,4 |
| | сентябрь | 16,1 | 15 | 0,03 |

Ключевые участки имеют разную степень увлажнения и температурный режим, в тоже время наблюдаются некоторые тенденции, которые отражаются на обилии растительности всех участков. Например, на всех ключевых участках максимум проективного покрытия наблюдался в апреле 2013 и 2016 гг., минимум в сентябре 2012 и 2014 гг.

Изучена зависимость площади проективного покрытия растительности от температуры и осадков. Для этого, сделан корреляционный анализ имеющихся данных в различных модификациях.

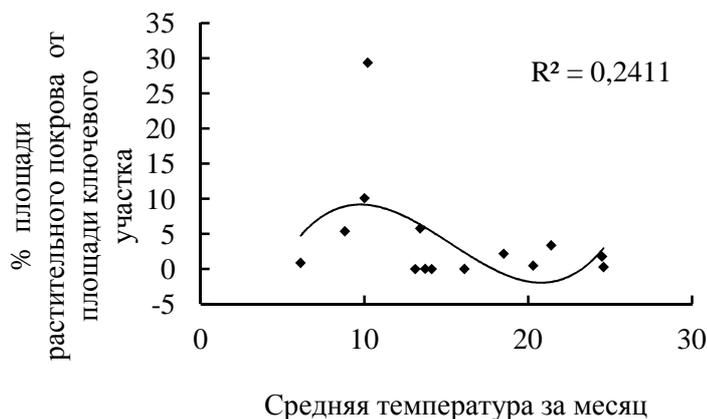
Проведена корреляция данных каждого ключевого участка за весь период по температуре и осадкам. Полученные коэффициенты корреляции

сведены в табл. 3, в качестве примера приведены графики для центрального ключевого участка (рис. 2).

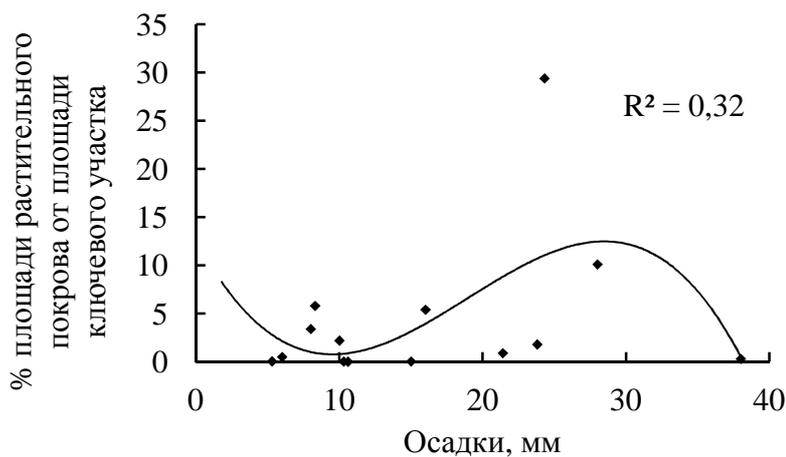
Таблица 3

Средние значения коэффициента корреляции (R^2) для температуры и осадков для трех ключевых участков (2012...2016 гг.)

| Ключевой участок | R^2 температуры | R^2 осадков |
|------------------|-------------------|---------------|
| Западный | 0,42 | 0,55 |
| Центральный | 0,24 | 0,32 |
| Юго-восточный | 0,25 | 0,1 |



а



б

Рис. 2. График зависимости площади проективного покрытия от средней температуры (а) и осадков (б) по центральному ключевому участку.

По полученным данным наибольшая корреляция, по температуре и осадкам, наблюдается на западном (коэффициенты $R^2 = 0,42$ и $0,55$), в

меньшей степени на центральном ключевом участке. Сравнивая коэффициенты по температуре и осадкам на участках, максимально приближены к 1 коэффициенты по осадкам. Исключением является юго-восточный ключевой участок, корреляция по температуре здесь выше. Это может быть связано с другими факторами, такими как рельеф, обводненность территории, наличие грунтовых вод, состав растительного покрова.

Также проведена корреляция данных проективного покрытия по температуре и осадкам за каждый год (2012...2016) отдельно. Полученные коэффициенты корреляции сведены в табл. 4, в качестве примера приведены графики за 2015 г. (рис. 3).

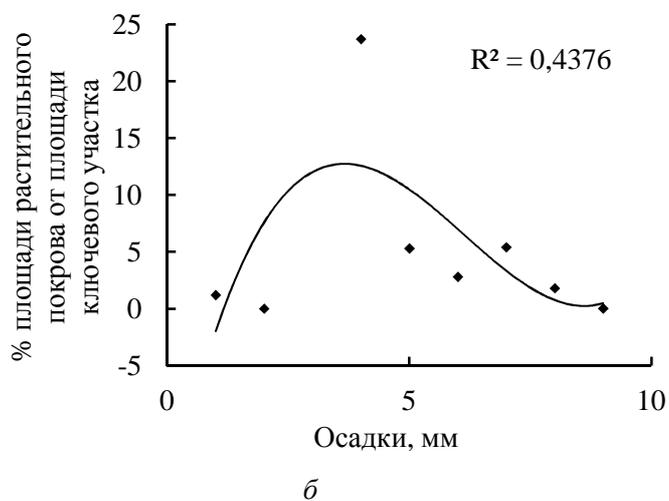
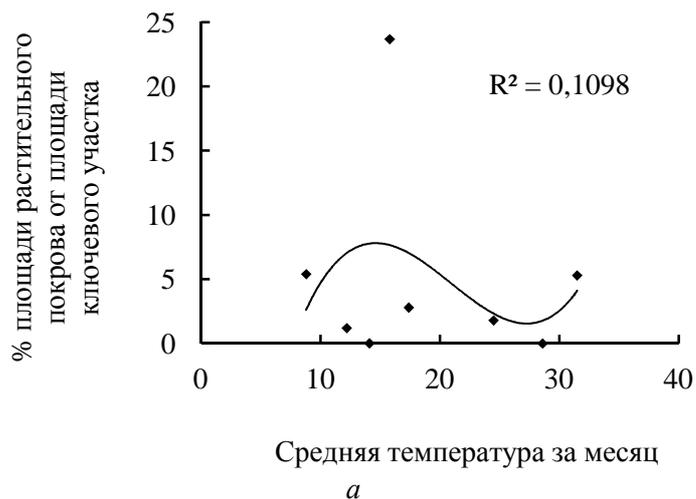


Рис. 3. График зависимости площади проективного покрытия от средней температуры (а) и осадков (б) за 2015 год.

Значения коэффициента корреляции (R^2) для температуры и осадков за 2012...2016 гг. для трех ключевых участков

| Год | R^2 температуры | R^2 осадков |
|------|-------------------|---------------|
| 2012 | 0,50 | 0,91 |
| 2013 | 0,27 | 0,34 |
| 2014 | 0,06 | 0,58 |
| 2015 | 0,10 | 0,43 |
| 2016 | 0,55 | 0,09 |

Проанализировав полученные коэффициенты корреляции, явной тенденции не выделилось. Сравнивая коэффициенты по температуре между собой, максимумы выделились в 2012 и 2016 гг., по осадкам максимум характерен для 2012 года. Минимальные коэффициенты корреляции по температуре наблюдались в 2014...2015 гг., по осадкам – в 2016 г. Сравнивая коэффициенты по температуре и осадкам по годам, большие значения принадлежат коэффициентам по осадкам, за исключением 2016 г. В 2016 г. наблюдалась большая корреляция по температуре.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что применение индекса *SAVI* позволяет оперативно и для больших территорий оценить состояние и изменения проективного покрытия растительного покрова с получением количественных параметров. Индекс *SAVI* позволяет оценить особенности сезонных и годовых изменений проективного покрытия, что важно для функционального анализа и устойчивой организации территории. В рамках исследований выявлена корреляционная связь основных климатических параметров (температуры и осадков) с проективным покрытием растительного покрова. Анализ указанных связей позволяет разработать рекомендации для развития растительного покрова вдоль транспортных коридоров в целях улучшения микроклиматических условий и усиления аттрактивных функций ландшафтов. Анализ количественных параметров проективного покрытия, их сезонная и многолетняя динамика должны учитываться при оценке риска воздействия опасных экзогенных процессов, что будет способствовать безопасному и эффективному функционированию транспортного коридора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Министерства Транспорта и коммуникаций Республики Казахстан по проекту «Западная Европа – Западный Китай». [Электрон. ресурс] – URL: <http://transport.mid.gov.kz/ru> (дата обращения: 10.05.2017).

2. Карта ботанико-географического районирования // Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы / Под ред. Н.А. Исакова, А.Р. Медеу, авторы: Волкова Е.А., Рачковская Е.И., Садвокасов Р.Е., Сафронова И.Н., Храмцов В.Н. – Алматы: 2006. – С. 109.
3. Карта геоморфологического районирования // Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы / Под ред. Н.А. Исакова, А.Р. Медеу, авторы: Акиянова Ф.Ж., Кунаев М.С., Медеу А.Р., Нурмамбетов Э.И. – Алматы: 2006. – С. 51.
4. Карта физико-географического районирования // Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы / Под ред. Н.А. Исакова, А.Р. Медеу, авторы: Веселова Л.К., Гельдыева Г.В., Медеу А.Р. – Алматы: 2006. – С. 123-124.
5. Паршина Е.И. Охрана окружающей среды в строительстве. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – С. 25-28.
6. Погода и климат. Информационный ресурс, предоставляющий архив погоды по метеостанциям [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 18.07.2017).
7. Расписание погоды. Информационный ресурс, предоставляющий архив погоды по метеостанциям [Электрон. ресурс] – URL: <http://rp5.kz> (дата обращения: 18.07.2017).
8. GIS-Lab («ГИС Лаборатория») информационный ресурс, посвященный Географическим информационным системам (ГИС) и Дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) [Электрон. ресурс] – URL: <http://gis-lab.info/qa/vi.html#> (дата обращения: 10.06.2017).
9. Gismeteo («Прогноз погоды»), информационный ресурс, предоставляющий дневник погоды по городам [Электрон. ресурс] – URL: <https://www.gismeteo.kz/> (дата обращения: 18.07.2017).

Поступила 14.09.2017

Геогр. ғылымд. докторы Ф.Ж. Акиянова
 К.А. Ткач

**«КОРГАС, ДОСТЫК – АКТАУ ПОРТЫ» ҚАЗАҚСТАНДЫҚ
БӨЛІГІНДЕГІ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ КӨЛІК ДӘЛІЗІ ІШІНДЕГІ SAVI
ӨСІМДІК ИНДЕКСІНІҢ ТАЛДАУ БОЙЫНША ӨСІМДІК
ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Түйінді сөздер: көлік дәлізі, өсімдік жамылғысы, SAVI өсімдік
индексі

Мақалада «Қорғас» (Хоргос) халықаралық көлік дәлізінің Қазақстандық учаскесінің Ақтау портына дейінгі аралық буферінде орналасқан өсімдік жамылғысының зерттеу нәтижелері келтірілген. Соңғы 5 жылда өсімдіктерді жобалық қамтуда маусымдық және көпжылдық өзгерістерді талдау мақсатымен гарьш зерттеу деректерін пайдаланды. SAVI индексінің қолданылуы өсімдік жамылғысының жобалық жамылғысында маусымдық және жыл сайынғы өзгерістерді жылдам және үлкен аумақтарға бағалауға мүмкіндік беретіндігі анықталды, бұл аумақты тұрақты ұйымдастыру үшін және көлік дәлізінің жұмыс істеуі үшін қолайлы және қауіпсіз ортаны құру үшін маңызды.

Akiynova F.Zh., Tkach K.A.

FEATURES OF VEGETATIVE COVER CHANGES ANALYZING ON SAVI WITHIN KAZAKHSTAN SECTION (FROM KHORGAS AND DOSTYK TO AKTAU) OF THE INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDOR

Keyword: transport corridor, vegetative cover, vegetation index SAVI

The article presents the results of studying the vegetation cover within the buffer 50-km zone of the Kazakhstan section of the international transport corridor from Korgas (Khorgos) to the port of Aktau. The analysis of seasonal and long-term changes in projective coverage of vegetation over the past five years is based on the use of space survey data. It has been revealed that the use of the SAVI index allows the seasonal and annual changes in the projective cover of vegetation to be evaluated quickly and for large areas, which is important both for the sustainable organization of the territory and for creating an enabling and secure environment for functioning of the transport corridor.