

СТАТЬИ

УДК 631.111.3:624.131.4.7:528.77:528.72

**ПОЛЕВОЕ ЭТАЛОНИРОВАНИЕ КОСМОСНИМКОВ
АГРОЛАНДШАФТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ
МЕСОПОТАМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

Аль-Чаабави М.Р.А., Иванцова Е.А.

*ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», Волгоград,
e-mail: ivantsova.volgu@mail.ru*

Необходимость исследований агроландшафтов как объектов исследований на территории юга Ирака, которые являются основными источниками сельскохозяйственной продукции, обусловлена нарастающими процессами вывода земель сельскохозяйственного назначения из использования по причине потери их плодородия в результате деградации. Полевые исследования были проведены в 2020–2021 гг. на территории тестового полигона «Амара». Цель исследований – разработка фотоэталонов участков поверхности и определение основных характеристик агроландшафтов, включая тип почвы, степень ее деградации, определение вида и пространственного распределения деградации, состава фитоценозов для верификации космоснимков. Предмет исследований – вид и степень деградации сельскохозяйственных угодий. Дешифрирование космоснимков с космических аппаратов Sentinel 2, Landsat 8, а также сверхвысокого разрешения со спутников WorldView-3,4 являлось основой для геоинформационного картографирования и выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов и их оценки. С использованием данных полевых исследований совместно с результатом геоинформационного анализа рельефа территории полевого участка построен опытный профиль и для каждой его точки проведено пространственное позиционирование при помощи GPS-системы, фотоэталонирование территории, отбор образцов почв и ботаническое описание растительности. Установлено, что на исследуемой территории присутствуют плодородные аллювиальные почвы, которые в основном подвержены различной степени засоления. Главными результатами исследований является верификация данных спутниковой съемки сверхвысокого разрешения на основе данных эталонирования территории тестового полигона для оценки состояния агроландшафтов и возможности агролесомелиорации сельскохозяйственных земель. В результате проведенных исследований с использованием геоинформационных технологий по космоснимкам установлено, что наибольшую часть тестового участка «Амара» занимают угодья с очень сильным и сильным засолением. Такие площади выводятся из использования и в настоящее время зарастают рудеральной растительностью. Угодья со средним уровнем засоления занимают поля сельскохозяйственных культур, где проводится выращивание сельскохозяйственных культур. Для предотвращения дефляции необходимы лесомелиоративные мероприятия с использованием трехрядных лесных полос из двух рядов кустарника тамарикса (*Tamarix aphylla* L.) с включением среднего ряда ряда пальмы (*Phoenix dactylifera* L.) по берегам оросительных каналов.

Ключевые слова: агроландшафт, пашня, деградация, засоление, эталонирование, космоснимки, Республика Ирак

**FIELD ETCHING OF SATELLITE IMAGES
OF AGRICULTURAL LANDSCAPES ON THE TERRITORY
OF THE SOUTHERN PART OF THE MESOPOTAMIAN LOWLAND**

Al-Chaabavi M.R.A., Ivantsova E.A.

Volgograd State University, Volgograd, e-mail: ivantsova.volgu@mail.ru

The need to study agricultural landscapes as research objects in the territory of southern Iraq, which are the main sources of agricultural products, is due to the increasing processes of withdrawal of agricultural land from use due to the loss of their fertility as a result of degradation. Field studies were conducted in 2020-2021 on the territory of the test site "Amara". The purpose of the research is to develop photo etalons of surface areas and determine the main characteristics of agricultural landscapes, including the type of soil, the degree of its degradation, determining the type and spatial distribution of degradation, the composition of phytocenoses for the verification of satellite images. The subject of research is the type and degree of degradation of agricultural land. Decryption of satellite images from Sentinel 2, Landsat 8 spacecraft, as well as ultra-high resolution from WorldView-3.4 satellites was the basis for geoinformation mapping and identification of the state of agricultural landscapes and their assessment. Using field research data, together with the result of geoinformation analysis of the terrain of the field site, an experimental profile was built and spatial positioning using a GPS system, photo-etalonization of the territory, soil sampling and a botanical description of vegetation were carried out for each of its points. It has been established that fertile alluvial soils are present in the study area, which are mainly subject to varying degrees of salinization. The main results of the research are the verification of ultra-high-resolution satellite imagery data based on the data of the reference area of the test site to assess the state of agricultural landscapes and the possibility of agroforestry of agricultural land. As a result of the conducted research using geoinformation technologies based on satellite images, it was found that the largest part of the test site "Amara" is occupied by land with very strong and strong salinity. Such areas are being decommissioned and are currently overgrown with ruderal vegetation. The lands with an average level of salinity occupy the fields of agricultural crops, where the cultivation of agricultural crops is carried out. To prevent deflation, forest reclamation measures are necessary using three-row forest strips of two rows of amaryx shrub (*Tamarix aphylla* L.) with the inclusion of a middle row and a row of palm (*Phoenix dactylifera* L.) along the banks of irrigation channels.

Keywords: agrolandscape, arable land, degradation, salinization, etalization, satellite images, Republic of Iraq

Деградация земель, используемых для производства сельскохозяйственной продукции, влияет в первую очередь на состояние почв [1, 2]. Для сохранения плодородия аграрных угодий имеется необходимость применения мер защиты полей от дефляции, засоления и водной эрозии, основными из которых являются меры биологической защиты, лесомелиоративное обустройство сельскохозяйственных угодий, а также применение почвозащитных агротехнологий возделывания почв. При антропогенной деградации возможно применение ограничений, например замена сельскохозяйственных культур, создание и установление наличия защитных лесных насаждений и др. [3, 4]. Существует прямая зависимость структуры сельскохозяйственных угодий от пространственного размещения, крутизны склонов, почвенных особенностей территории [5, 6]. При этом высокие риски хозяйственного использования земель сельскохозяйственного назначения обусловлены природными факторами; сезонным характером выпадения осадков, наличием паводков и засушливых периодов, природной засоленностью почв и др.

Полевые исследования агроландшафтов проводятся для эталонирования космоснимков с целью повышения точности интерпретации данных дистанционного зондирования о состоянии агроландшафтов и степени их агролесомелиоративного обустройства. При эталонировании определяются объективные характеристики участков агроландшафтов и лесных насаждений, которые можно идентифицировать по космоснимкам, причем как для аграрных площадей (пашня, кормовые угодья, полезащитные, приканальные, противоэрозионные лесные насаждения), так и естественных ландшафтов, проведение эталонирования растительности с определением состава древостоев и фитоценозов, количественной и качественной оценки травянистой растительности пастбищ и лесных насаждений при их наличии, исследование состояния почв и ландшафтное профилирование. Дистанционное зондирование поверхности обеспечивает возможность установить состояние агроландшафтов на значительной площади, обеспечивая уменьшение объема наземных исследований, экономическую эффективность и научную достоверность исследований [7]. Применение геоинформационных технологий для картографирования пространственных данных [8] обеспечивает разработку картографических слоев,

отражающих информацию, привязанную к географическим координатам, что обеспечивает новый научный уровень исследований. Дешифрирование космоснимков с космических аппаратов Sentinel 2, Landsat 8, а также сверхвысокого разрешения со спутников WorldView –3, 4 является основой для геоинформационного картографирования и выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов, защитных лесных насаждений и их оценки.

Цель исследования – разработка фотоэталонов участков поверхности и определение основных характеристик агроландшафтов, включая тип почвы, степень ее деградации, определение вида и пространственного распределения деградации, степени агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных угодий, состава фитоценозов для верификации космоснимков.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования были проведены в 2020–2021 гг. на территории тестового полигона «Амара». В ходе исследований был заложен полевой ландшафтный профиль, был проведен отбор образцов почвы и оценка растительного покрова с использованием специализированных сервисов, например «Плантариум» (<https://www.plantarium.ru/>). После проведения полевых исследований с использованием геоинформационных технологий была разработана космокарта полевого участка (рис. 1), с использованием данных спутниковой съемки сверхвысокого разрешения (спутники WorldView – 2, 3, 4, GeoEye 1 провайдер снимков компания Digital Globe), на который нанесена линия полевого профиля и выделены точки проведения исследований (<https://discover.digitalglobe.com>). Анализ образцов почв в точках по профилю полевого участка проведен в сертифицированной лаборатории U-Scines. Достоверность результатов, полученных при полевых исследованиях, подтверждена их статистической обработкой, встроенной в программу QGIS (<https://gis4design.wordpress.com/2016/03/14/gis-basic-statistics/>).

Результаты исследования и их обсуждение

С использованием данных полевых исследований совместно с результатом геоинформационного анализа рельефа территории полевого участка построен опытный профиль, представленный на рис. 2.

Геоморфологические данные по линии профиля следующие: начало построения линии профиля находилось в точке с координатами $31^{\circ}53'46''$ северной широты, $47^{\circ}05'12''$ восточной долготы. Высота рельефа в начальной точке – 9 м. Окончание линии профиля – в точке с координатами $31^{\circ}54'15''$ северной широты, $47^{\circ}04'48''$ восточной долготы. Высота рельефа в конце профиля – 7 м, протяженность профиля – 1109 м. Дифференциация высот между начальной и конечной точкой – 2 м, максимальная высота по профилю – 10 м, минимальная высота – 6,5 м. Крутизна субгоризонтальной поверхности средняя – $0,1^{\circ}$. Крутизна склона максимальная – $2,62^{\circ}$.

Рельеф равнинный, с преимущественно аллювиальными песчаными слабогумусированными почвами. Отмечается наличие локальных повышений высотой до 2 м над средней высотой рельефа и локальных понижений, глубиной до 1 м, округлой формы диаметром до 50 м.

В табл. 1 приведены данные полевого позиционирования и общее описание территории вокруг точки профиля.

Результаты анализа образцов почв в точках по профилю полевого участка показали чрезвычайный уровень засоления территории; засолены слабо только два образца почв в точках 6 и 8, образцы почв в точках 5, 7 и 8 засолены в средней степени (табл. 2).

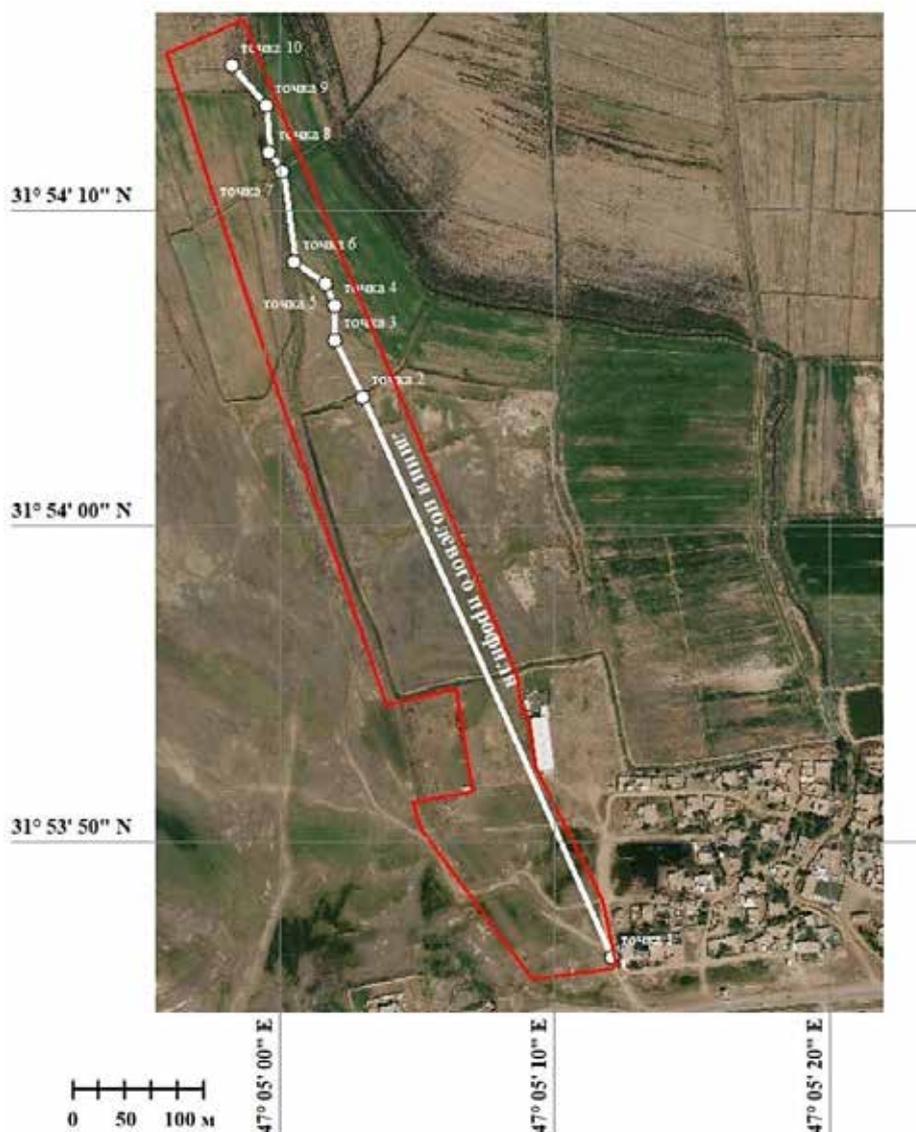


Рис. 1. Космокарта полевого участка на территории тестового полигона «Амара» с линией профиля и контрольными точками

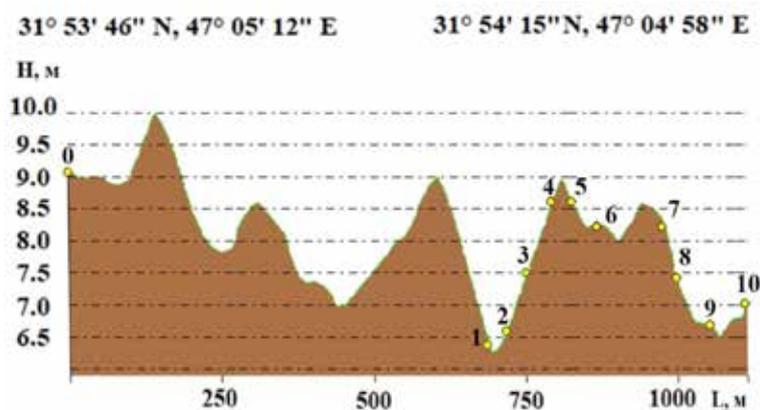


Рис. 2. Профиль полевого участка тестового полигона с контрольными точками (0–10)

Таблица 1

Характеристика точек полевого профиля

Точки профиля	Координаты	Высота, м	Тип почвы	Примечание
0	31°53'46.82" N 47°05'12.30" E	9,1	Аллювиальная легкосуглинистая	Начальная точка профиля. Понижение, где собирается влага
1	31°54'03.95" N 47°05'02.58" E	6,3	Аллювиальная легкосуглинистая	Характерно присутствие сезонных естественных растений. Локальное понижение
2	31°54'04.69" N 47°05'02.13" E	6,6	Аллювиальная легкосуглинистая	На засоленной территории в основном отсутствуют естественные растения, в каналах отмечены <i>Suaeda vera</i> , <i>Tamarix aphylla</i>
3	31°54'05.58" N 47°05'02.14" E	7,5	Аллювиальная легкосуглинистая	Территория засолена
4	31°54'06.69" N 47°05'01.86" E	8,5	Аллювиальная легкосуглинистая	Территория занята естественными пустынными кустарниками.
5	31°54'07.57" N 47°05'01.58" E	8,6	Аллювиальная легкосуглинистая	Сельскохозяйственные угодья. Присутствует древесная растительность и пастбища.
6	31°54'08.31" N 47°05'00.53" E	8,3	Аллювиальная суглинистая	
7	31°54'11.22" N 47°05'00.10" E	8,4	Аллювиальная легкосуглинистая	
8	31°54'11.61" N 47°04'59.46" E	7,4	Аллювиальная легкосуглинистая	Равнинный участок сельскохозяйственных угодий
9	31°54'13.16" N 47°04'59.34" E	6,7	Аллювиальная суглинистая	Берег большого оросительного канала. Отмечено присутствие однолетних и многолетних растений различных ботанических семейств
10	31°54'14.54" N 47°04'58.32" E	7,0	Аллювиальная легкосуглинистая	Окончание профиля. Зброшеные и засоленные сельскохозяйственные угодья

На рис. 3 представлен космоснимок территории вокруг точки 1 полевого профиля и фотоснимок территории вокруг точки 1. Здесь видно присутствие растительности, сосредоточенной по понижениям (высота рельефа 6,5 м) и по берегам оросительного канала. На возвышениях (высота рельефа 7 м) растительность сильно разрежена, а местами отсутствует. Необходимо отметить отсутствие мелиоративных насажде-

ний на этом участке профиля. Уровень засоленности и почвенные характеристики территории исследований свидетельствуют о том, что для предотвращения деградации земель на территории исследований имеется возможность лесомелиоративного обустройства с использованием трехрядных лесных полос из двух рядов, состоящих из *Tamarix aphylla* L. с включением среднего ряда *Phoenix dactylifera* L.

Таблица 2

Степень засоления почв по точкам профиля

Точки профиля	Содержание солей, %	Степень засоления
0	3,26	Очень сильнозасолённые
1	3,26	Очень сильнозасолённые
2	4,34	Очень сильнозасолённые
3	4,34	Очень сильнозасолённые
4	3,26	Очень сильнозасолённые
5	1,25	Среднезасолённые
6	0,44	Слабозасолённые
7	1,25	Среднезасолённые
8	1,25	Среднезасолённые
9	0,44	Слабозасолённые
10	3,26	Очень сильнозасолённые

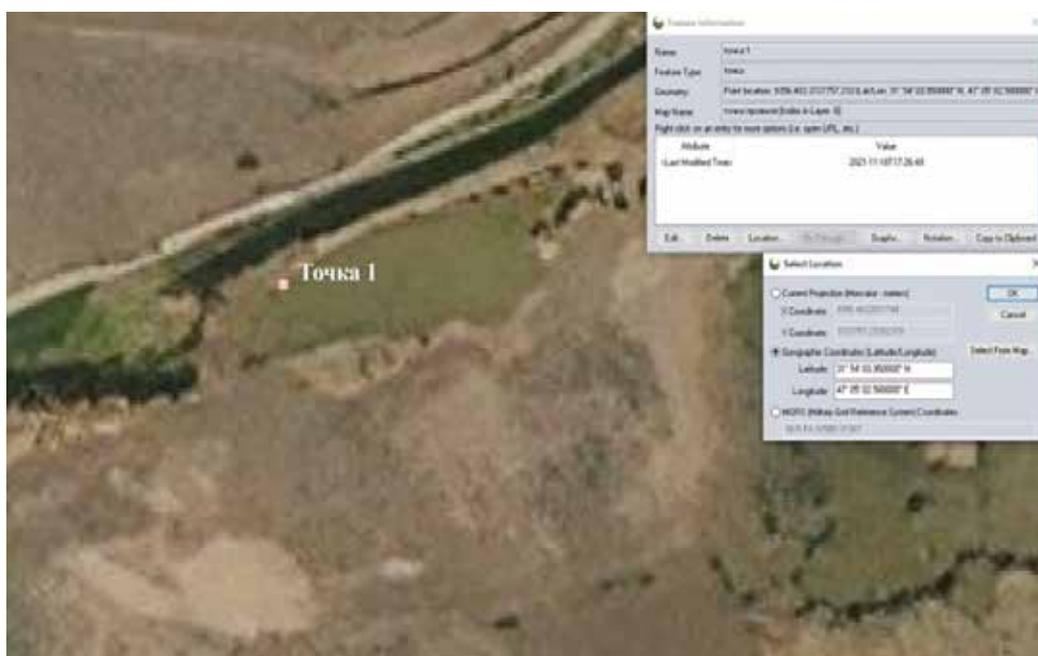


Рис. 3. Космоснимок территории вокруг точки 1 полевого профиля

Растительность на участке профиля представлена *Arundo donax* L. (рис. 4, а), *Tamarix aphylla* и галофитом *Suaeda vera* Forssk. (рис. 4, б). По берегам канала произрастают в основном *Tamarix aphylla* и *Spergularia rubra*.

Точка 4 имеет высоту рельефа 8,5 м, что на 1 м выше точки 3. Почва здесь сильно засолена, но в меньшей степени, чем в точке 3. Растительность представлена видами *Suaeda vera*, *Tamarix aphylla* и *Artemisia judaica*. Точка 5 расположена на сельскохозяйственном поле (рис. 1), используемом

для выращивания пшеницы; по периметру произрастают одиночно и группами пальмы *Phoenix dactylifera* L. Точка 6 имеет высоту рельефа 8,3 м. Почва засолена слабо. Здесь присутствует растительность, которая представлена *Suaeda vera* Forssk., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Beta vulgaris* L. Точка 6 имеет высоту рельефа 8,4 м. Почва засолена в средней степени. Здесь присутствует растительность, которая представлена *Suaeda vera* Forssk., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Beta vulgaris* L. и *Phoenix dactylifera* L. (рис. 5, а).



а

б

Рис. 4. Фотоснимки территории вокруг точки 1 полевого профиля:
 а – *Arundo donax* L., б – *Suaeda vera* Forssk.



а

б

Рис. 5. Фотоснимки территории вокруг точки 6 (а), растительность *Suaeda vera* Forssk., *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Beta vulgaris* L. и точки 7 (б), растительность *Suaeda vera* Forssk., *Cynodon dactylon* L., *Beta vulgaris* L. и *Phoenix dactylifera* L. На заднем плане поле *Triticum aestivum* L.

Точка 7 имеет высоту рельефа 8,4 м. Почва засолена средне. Здесь присутствует растительность, которая представлена *Suaeda vera* Forssk., *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Beta vulgaris* L. и *Phoenix dactylifera* L. На заднем плане поле с *Triticum aestivum* L. (рис. 5, б). Точка 8 имеет высоту рельефа 7,4 м. Почва засолена средне. Здесь присутствует растительность, которая представлена видами *Suaeda vera* Forssk., *Spergularia rubra* (L.) Presl., и *Phoenix dactylifera* L. Точка 9 имеет высоту рельефа 7,4 м. Почва засолена средне. Здесь присутствует растительность, которая представлена *Arundo donax* L., *Phoenix dactylifera* L., *Tamarix aphylla* L. и поле *Triticum aestivum* L. Точка профиля 10 пространственно расположена на заброшенных орошаемых полях, засоление почвы на которых достигло критических значений (3,26%), в этом случае использование таких земель для выращивания культурных значений становится невозможным. Территория зарастает галофитами *Suaeda vera* Forssk.

Заключение

В результате полевых исследований на тестовом полигоне получены фотоэталонные участки поверхности, определены основные характеристики агроландшафтов, включая тип почвы, степень ее деградации, определены вид и пространственное распределение деградации, состав фитоценозов для верификации космоснимков. С использованием геоинформационных технологий по космоснимкам установлено, что наибольшую часть тестового участка занимают уголья с очень сильным и сильным засолением. Такие площади выводятся из использования и в настоящее время зарастают рудеральной растительностью. Уголья со средним уровнем засоления занимают поля сельскохозяйственных культур, где проводится выращивание сельскохозяйственных культур, преимущественно *Triticum aestivum* L.; потеря урожая в отдельные годы достигает 25%. Заброшенные поля медленно зарастают галофитами. Древесно-кустарниковая

растительность представлена *Arundo donax* L., *Phoenix dactylifera* L., *Tamarix aphylla* L., которые занимают заброшенные поля и берега каналов. В связи с этим целесообразно рекомендовать агролесомелиоративное обустройство сельскохозяйственных земель по берегам оросительных каналов путем создания трехрядных лесных полос, состоящих из двух рядов кустарника *Tamarix aphylla* L. и среднего ряда пальмы *Phoenix dactylifera* L. Получение фотоэталонов почв и растительности дает возможность ее идентификации на изображениях, полученных в результате космосъемки, и применения таких эталонов для дешифрирования агроландшафтов-аналогов.

Список литературы

1. Иванцова Е.А., Комарова И.А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 357–366.
2. Новочадов В.В., Рулев А.С., Юферев В.Г., Иванцова Е.А. Дистанционные исследования и картографи-

рование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. Т. 1. № 53. С. 151–158. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-19.

3. Авад В.Р. Динамика изменения ландшафтов в условиях опустынивания сельскохозяйственных земель (на примере юга Ирака): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 25.00.25. Москва, 2019. 25 с.

4. Desk Study on the Environment in Iraq. United Nations Environment Programme, 2003. 98 p.

5. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berezovikova O.Yu. Geographic information technologies for protective afforestation. Volgograd: VNIALMI, 2010. 102 p.

6. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 98–105.

7. Бакланов А.И. Новые горизонты космических систем оптико-электронного наблюдения Земли высокого разрешения // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. Т. 5. № 3. С. 17–28.

8. Юферев В.Г., Юферев М.В. Геоинформационные методы оценки параметров деградации земель // Степи Северной Евразии: материалы VI международного симпозиума и VIII международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов». Оренбург, 2012. С. 835–839.