



**HAL**  
open science

**Применение методов геоинформационного  
моделирования для изучения пространственной  
структуры растительного покрова Орулганской  
среднегорной ландшафтной провинции  
(Северо-Восточная Якутия)**

Moisei Ivanovich Zakharov, Mikhail Cherosov, Elena Troeva, Sébastien Gadal

► **To cite this version:**

Moisei Ivanovich Zakharov, Mikhail Cherosov, Elena Troeva, Sébastien Gadal. Применение методов геоинформационного моделирования для изучения пространственной структуры растительного покрова Орулганской среднегорной ландшафтной провинции (Северо-Восточная Якутия). 20-летию Ботанического сада: Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры (20th anniversary of the Botanical Garden: The role of botanical gardens in the conservation and enrichment of natural and cultural flora), North-Eastern Federal University, Jul 2021, Yakutsk, Russia. pp.122-129. <hal-03622028>

**HAL Id: hal-03622028**

**<https://hal.science/hal-03622028>**

Submitted on 14 Apr 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Министерство науки и высшего образования РФ  
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова  
Институт естественных наук  
Ботанический сад  
Министерство экологии, природопользования и лесного хозяйства РС (Я)  
Арктический государственный агротехнологический университет  
Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,  
обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ ЯНЦ СО РАН  
Академия наук Республики Саха (Якутия)  
Национальный парк «Ленские столбы»



## **РОЛЬ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ В СОХРАНЕНИИ И ОБОГАЩЕНИИ ПРИРОДНОЙ И КУЛЬТУРНОЙ ФЛОРЫ**

### **МАТЕРИАЛЫ**

**Всероссийской конференции с международным участием,  
посвященной 20-летию Ботанического сада  
Северо-Восточного федерального университета  
имени М.К. Аммосова**

**12-16 июля 2021 г.  
г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия**

**Якутск  
2021**

УДК 580.006:651.525+580:502.7  
ББК 28.5

**Ответственные редакторы:**

*Н.С. Иванова, к.б.н., А.В. Кононов, к.б.н.,  
С.З. Борисова, к.б.н., И.Г. Трофимова*

**Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры** [Электронный ресурс] : материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 20-летию Ботанического сада Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова (12-16 июля 2021 г., Якутск). – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск  
ISBN 978-5-7513-3136-8

В 2021 г. исполнилось 20 лет Ботаническому саду Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. В сборнике представлены материалы Всероссийской конференции с международным участием «Роль ботанических садов в сохранении и обогащении природной и культурной флоры», посвященной этой знаменательной дате. Авторами публикуемых материалов являются ученые из России, Абхазии, Белоруссии, Молдавии, Италии, Японии.

Для специалистов в области деятельности ботанических садов, ботаники, геоботаники, физиологии, биотехнологии, защиты растений, экологии, охраны природы, агрономии, студентов и аспирантов биологических специальностей вузов.

УДК 580.006:651.525+580:502.7  
ББК 28.5

ISBN 978-5-7513-3136-8

© Северо-Восточный федеральный университет, 2021

## YEAR-TO-YEAR VARIABILITY OF FULL BLOOM DATES FOR MULTIPLE TREE SPECIES IN THE INSTITUTE FOR NATURE STUDY, TOKYO

Nagai S.<sup>1</sup>, Endo T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama, nagais@jamstec.go.jp;

<sup>2</sup> Institute for Nature Study, National Museum of Nature and Science, Tokyo.

**Abstract.** *To deepen our understanding of consistency of flowering phenology among multiple tree species, we examined the year-to-year variability of full bloom dates for multiple tree species in Japanese botanical garden.*

**Keywords:** *botanical garden, full bloom, long-term data, natural forest, phenology observation, Tokyo, tree.*

---

УДК 581.55 +581.526.1+528.88

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ОРУЛГАНСКОЙ СРЕДНЕГОРНОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ПРОВИНЦИИ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

Захаров М.И.<sup>1,3</sup>, Черосов М.М.<sup>2</sup>, Троева Е.И.<sup>2</sup>, Гадаль С.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ИЕН СВФУ, г. Якутск, moisei.zakharov@etu.univ-amu.fr,

<sup>2</sup> ИБПК СО РАН, г. Якутск, cherosov@mail.ru, troeva.e@gmail.com,<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Университет Экс-Марсель, UMR ESPACE CNRS, г. Экс-ан-Прованс, Франция, sebastien.gadal@univ-amu.fr

**Аннотация.** *Изучена пространственная структура растительного покрова одной из высокогорных ландшафтных провинций Северо-Восточной Якутии. С помощью методов анализа данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационного моделирования, включающих также и методы машинного обучения, было выделено 9 геоботанических картируемых подразделений, которые позволили построить и проанализировать геоботаническую карту масштаба 1:100 000.*

**Ключевые слова:** *Пространственная структура, геоинформационное моделирование, ДДЗЗ, растительный покров.*

Цель данной публикации – изучить особенности пространственной структуры растительности Орулганской среднегорной ландшафтной провинции (Северо-Восточная Якутия) с использованием методов геоинформационного моделирования.

Получения достоверных и объективных сведений о пространственной организации природной среды и геоботанического разнообразия любого региона

РФ и мира является одной из основных задач региональных биогеографических исследований.

Актуальным является внедрение и адаптированных методов геоинформационного моделирования растительного покрова с использованием массы больших данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) для многофакторного анализа его современного состояния, применения результатов классификации растительных сообществ для геоботанического картографирования. Также для самых различных групп в зависимости используемого объекта, материального обеспечения и квалификации специалистов важно подобрать наиболее оптимальную методическую схему обработки ДДЗЗ для коллектива исследователей. Технологическая схема геоинформационного моделирования дана на рис. 1.

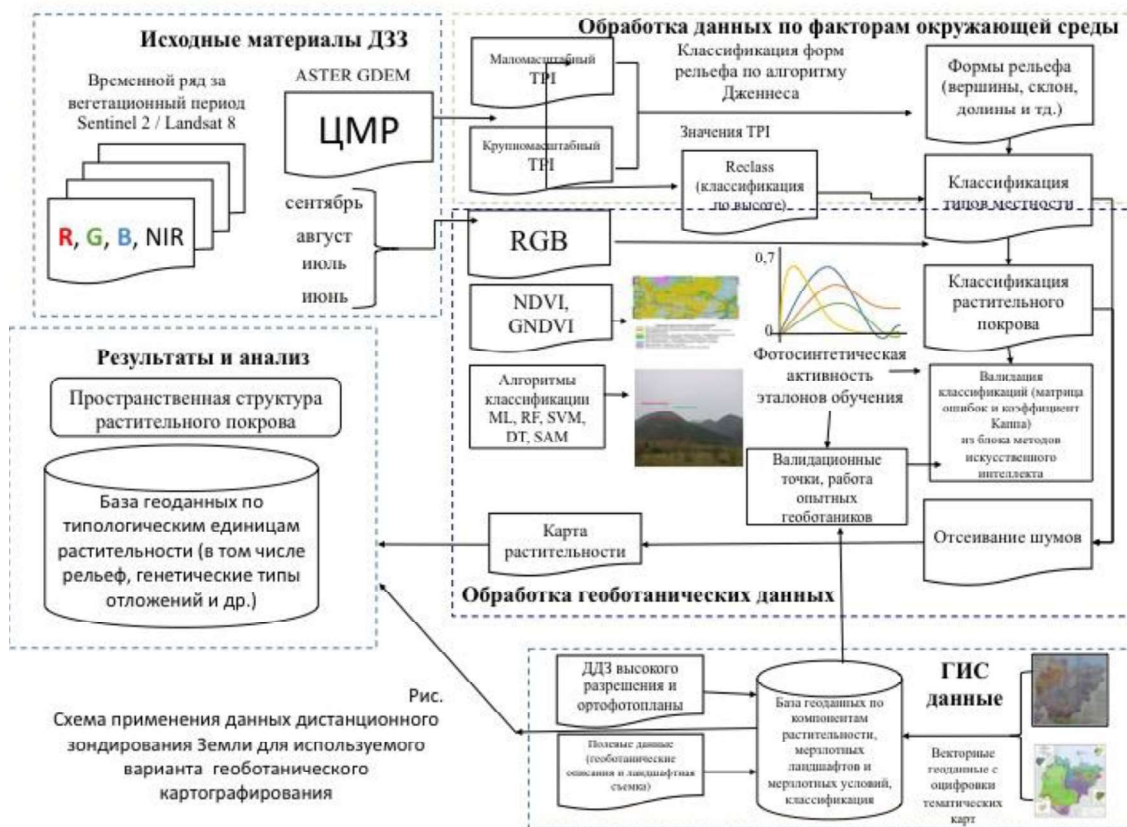


Рис. 1. Схема применения данных дистанционного зондирования Земли для используемого варианта геоботанического картографирования

Методикой изучения пространственной структуры растительности выступает геоинформационное моделирование, основанное на комплексном анализе и обработке разновременных спутниковых данных, цифровых моделей рельефа и базы геоданных по характеристикам растительности и мерзлотных ландшафтов. Исходными данными для геоинформационного моделирования послужили материалы космической съемки искусственных спутников Landsat 8

OLI/TIRS, Sentinel 2, цифровые модели рельефа ASTER GDEM. Материалы полевых изысканий за период 2019 и 2020 гг. (июль и август). При проведении вычислительных экспериментов и обработки данных дистанционного зондирования Земли применялись программно-аппаратные комплексы ГИС: QGIS с модулем Semi-Automatic Classification, SAGA GIS, ILWIS GIS, GRASS GIS и облачная платформа Google Earth Engine. Всего задействовано из баз данных космоснимков Google более 4500 космоснимков на территорию.

Исследование пространственной структуры Орулганской среднегорной провинции осуществлено на примере ключевого участка в бассейне реки Бытантай и его притоков Улахан-Саккырыр, Аччыгый-Саккырыр, Тумара, расположенного в Эвено-Бытантайском национальном муниципальном улусе. Ключевой участок имеет размер 60x100 км и расположен между  $68^{\circ} 24,1' - 67^{\circ} 34,3'$  северной широты и  $129^{\circ} 14,5' - 131^{\circ} 32'$  восточной долготы. Общая площадь исследуемого участка — около 6000 км<sup>2</sup>.

Установлены возможность выделения геоботанических категорий на уровне в основном групп растительных ассоциаций (на 1 этапе был использован эколого-фитоценотический метод классификации, далее уже будут применены иные методы классификации растительности) и мезорельефа по совместному геоинформационному анализу данных дистанционного зондирования и цифровой модели рельефа. На их основе составлена карта растительности Орулганской среднегорной ландшафтной провинции (Северо-Восточная Якутия).

Исследования по геоботаническому картографированию связаны и с большим количеством географической информации и привлечения методов геоинформатики и технологий дистанционного зондирования Земли. Процесс моделирования ландшафтов заключается в сборе и обработке данных и знаний различными методами в информационный комплекс, подход к данному процессу является одним из ведущих методологических направлений в геоинформационных и географических исследованиях (Истомина, 2006; Глотов, 2013), но в геоботанике пока активно не используется, хотя идеология очень близкая.

Машинное обучение (ML) в общих чертах можно рассматривать как класс искусственного интеллекта, который занимается проектированием, разработкой и применением алгоритмов и методов, которые позволяют компьютерам учиться на данных.

Помимо выбора подходящего набора данных дистанционного зондирования, выбор метода классификации также не менее важен для успешного картирования. Метод использования многозональных космических

снимков для картографирования растительности ландшафтов также широко используется в отечественной науке. Е.А. Стыценко (2018) разработала метод автоматизированного дешифрирования растительного покрова с комплексным использованием разносезонных зональных космических изображений. Работа основана на вариации фотосинтетической активности растений, ее спектрально-отражательных характеристиках в зависимости от фазы вегетации.

Для наших исследований и геоинформационного моделирования мерзлотных ландшафтов Республики Саха (Якутия) на уровне типов местности и типов урочищ мы нашли наиболее приемлемым данные Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Цифровая модель рельефа находится в свободном доступе для скачивания на геопортале NASA.

Так как для классификации нам потребуются значения запасов биомассы, исходные снимки были обработаны для получения вегетационного индекса NDVI (the Normalized Difference Vegetation Index), GNDVI - зеленый нормированный разностный вегетационный индекс.

В предыдущих исследованиях (Gadal et al., 2020; Zakharov, 2021) мы основывали анализ на реклассификации серии многокомпонентных земных покровов для распознавания ассоциации растительности. Данная методика повышает уровень автоматизации распознавания типов растительности. Были сгенерированы тренировочные точки с применением инструмента создания случайных точек по участкам. Мы классифицировали их с помощью визуальной интерпретации территории на основе экспертных знаний специалистов в области геоботаники с использованием снимков высокого разрешения Google Earth и информации о типах растительного покрова с Атласа сельского хозяйства ЯАССР (1989). Кроме тренировочных данных, таким же способом определяются валидационные данные (validation data).

Наиболее лучший результат достигнут при параметрическом классификаторе по алгоритму SVM.

Всего для ключевого участка исследования были выделены 9 картируемых геоботанических категорий (табл.1): лиственничные редколесья кустарничково-зеленомошно-лишайниковые, лиственничные редколесья лишайниковые, лиственничные редины сфагновые с торфяными болотами, ивовые и ольховниковые сообщества с участками лиственничных, тополевых и чозениевых лесов, кустарниковые и лишайниковые горные тундры, дриадовые горные тундры и эпилитные лишайники и речной галечник.

Долинные комплексы, представленные ивово-ольховниковыми кустарниковыми сообществами с участками лиственничных, чозениевых и тополевых лесов отличаются тем, что сильнее остальных групп растительных ассоциаций теряют зеленую массу к концу вегетационного периода. Это объясняется фенологическими особенностями ольховников и ивняков и тополя, конец цветения которых приходится раньше, чем у лиственничного леса. Данный процесс выражается низкими значениями NDVI в сентябре и ростом значения GNDVI в этот же период времени, так как второй индекс увеличивается при деградации зеленой массы растительного покрова.

Из типов растительности горноредколесных мерзлотных ландшафтов значительную долю для обоих участков занимают лиственничные редколесья кустарничковые зеленомошно-лишайниковые, распространенные преимущественно по склоновым типам местности. На задровых равнинах большими участками распространены лиственничные редколесья лишайниковые. Лиственничные редины зеленомошно-сфагновые с болотными лугами также занимают задровые моренные равнины. Троговые долины заняты комплексами горно-тундровой растительности, выделение которых возможно при оверлейном анализе типов местности и групп растительных ассоциаций. На стадии классификации эпилитные лишайники не могут быть корректно отделены от галечника на руслах рек.

Характерными особенностями пространственной структуры участка являются незначительная степень развития долинных горнотундровых ландшафтов и долинных растительных сообществ в пределах низкотеррасовых и горно-долинных аллювиальных типов местности, а также высокая доля лиственничных редколесий в пределах склонового и задрового типов местности. В пределах склоновых типов местности преобладают склоны северо-западной и юго-восточной экспозиции для второго участка.

Для всей Орулганской среднегорной провинции нами составлена карта растительности на основе анализа временного ряда снимков Landsat 8 и Sentinel 2. Так как территория провинции огромная, обработка требуемого большого количества снимков — очень трудоемкий и затратный процесс, как по времени, так и по мощности обрабатывающей станции. Процесс обработки произведен в облачной платформе GEE.



Таблица 1. Соотношение площадей выделенных сочетаний групп растительных ассоциаций по Мерзлотно-ландшафтной карте и по проведенному ГИС моделированию

| Растительность на Мерзлотно-ландшафтной карте 1:1 500 000                        |                    | Карта растительности по результату ГИС моделирования   |                 |
|--|--------------------|--|-----------------|
| Сочетание групп растительных ассоциаций  | Площадь кв. км.    | Сочетание групп растительных ассоциаций  | Площадь кв. км. |
| Горные тундры лишайниковые и кустарничково-моховые                               | <u>43571,2</u>     | Горные тундры лишайниковые и кустарничково-моховые   | <u>22107,0</u>  |
| Кедровый стланик кустарничково-лишайниковый в сочетании с ольховником и ерниками | <u>3411,9</u>      | Лиственничные редколесья с кедровым стлаником кустарничково-лишайниковые в сочетании с ольховниками и ерниками | <u>9327,6</u>   |
| Лиственничные редколесья и редины кустарничково-лишайниковые и моховые           | <u>1570,4</u>      | Лиственничные редколесья и редины кустарничково-лишайниковые и моховые   | <u>8399,2</u>   |
| Лиственничные редколесья и кустарничково-лишайниково-моховые ерниковые           | <u>8723,3</u>      | Лиственничные редколесья кустарничково-зеленомошно-лишайниковые  | <u>14,901.3</u> |
| Мари и лиственничные редины моховые  | <u>не выделено</u> | Сочетание болот и лиственничных сфагновых редин  | <u>1754,9</u>   |
| Эпилитные лишайники  | <u>14307,5</u>     | Сообщества эпилитных лишайников  | <u>13395,1</u>  |
| Комплекс северотаежной долинной растительности                                   | <u>1023,3</u>      | Комплекс северотаежной долинной растительности   | <u>5542,5</u>   |
| Комплекс горноредколесной долинной растительности                                | <u>6684,8</u>      | Комплекс горноредколесной долинной растительности  | <u>5850,1</u>   |
| Комплекс горно-тундровой долинной растительности                                 | <u>3670,6</u>      | Комплекс горно-тундровой долинной растительности   | <u>678,3</u>    |

Так как мы проводим анализ на уровне типов (подтипов) ландшафтов, технологическая схема геоинформационного моделирования приспособлена для определения сочетаний групп растительных ассоциаций (основная классификационная единица, которая положена в основании геоботанических картируемых единиц).

С использованием облачной платформы Google Earth Engine и накопленных данных дистанционного зондирования на базе изученного

ключевого участка получены более точные сведения по пространственной структуре растительности Орулганской среднегорной провинции, в целом. Ее анализ выявил преобладание горнотундровых и горнопустынных растительных сообществ в Орулганской среднегорной провинции, но в целом их доля резко уменьшена с 70% в мерзлотно-ландшафтной карте до 43% в созданной. При этом доля северных горных лиственничных редколесий увеличилась с 16,5% до 42%. Данный факт также подкрепляет целесообразность определения провинции к группе с горнотундровыми и горноредколесными природными комплексами сплошного распространения многолетнемерзлых пород по мерзлотно-ландшафтному районированию. При этом надо отметить выявление значительно больших площадей и значимости северотаежной и горноредколесной растительности в пространственной структуре ландшафтов провинции, в особенности в долинных комплексах и склонах западного макросклона.

*Работа выполнена при частичной поддержке Гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук МК-1000.2021.5 и государственного задания ИБПК СО РАН АААА-А21-121012190038-0 «Растительный покров криолитозоны таежной Якутии: биоразнообразие, средообразующие функции, охрана и рациональное использование» (0297-2021-0023).*

#### **Список литературы.**

Атлас сельского хозяйства ЯАССР. Якутск: ГУГиК, 1989. 116 с.

Глотов А.А. Геоинформационное моделирование эволюции долинно-речных ландшафтов Воронежской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2013. 24 с.

Истомина Е.А. Геоинформационное моделирование и картографирование ландшафтных комплексов Прибайкалья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2006. 24 с.

Стыщенко Е.А. Разработка методики автоматизированного дешифрирования растительного покрова с комплексным использованием разносезонных зональных космических изображений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2018. 24 с.

Gadal S., Zakharov M., Kamičaitytė J., Danilov Y. Alas Landscape Modeling by Remote Sensing Image Analysis and Geographic Ontology: Study Case of Central Yakutia (Russia). 6th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management (GISTAM 2020), INSTICC, Apr 2020,

Zakharov M., Gadal S., Danilov Y., Kamičaitytė J. Mapping Siberian Arctic Mountain Permafrost Landscapes by Machine Learning Multi-Sensors Remote Sensing: Example of Adycha River Valley. 7th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management (GISTAM 2021), INSTICC, Apr 2021, Online streaming, Czech Republic. pp.125-133.

\* \* \*

## GEOINFORMATION MODELING APPROACH IN THE STUDY OF VEGETATION COVER SPATIAL STRUCTURE OF THE ORULGAN MIDDLE ALTITUDE LANDSCAPE PROVINCE (NORTH-EASTERN YAKUTIA)

Zakharov M.I.<sup>1,3</sup>, Cherosov M.M.<sup>2</sup>, Troeva E.I.<sup>2</sup> and Gadal S.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Natural Sciences, North-Eastern Federal University, Yakutsk,

<sup>2</sup>Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk,

<sup>3</sup>Aix Marseille University, UMR ESPACE CNRS, Aix-en-Provence, France, mplusz@inbox.ru<sup>2</sup>, cherosov@mail.ru, troeva.e@gmail.com, sebastien.gadal@univ-amu.fr

**Abstract.** *The paper deals with the spatial structure of vegetation cover of the mountainous landscape province of North-Eastern Yakutia. The analysis of the remote sensing data and geoinformation modeling (including the machine learning approach) yielded nine vegetation mapping units for the subsequent creation and analysis of the 1:100000 scale vegetation map.*

**Keywords:** *Spatial structure, geoinformation modeling, remote sensing data, vegetation cover*

---

УДК 635.92

## СОЗДАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ХРИЗАНТЕМЫ КОРЕЙСКОЙ *CHRYSANTHEMUM COREANUM* (COMPOSITAE) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Грибок Н.А.

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», Минск,  
ngribok@inbox.ru

**Аннотация.** *Создание коллекции сортов *Chrysanthemum coreanum* различных по форме соцветий и срокам цветения в культуре *in vitro* потребовало отработки надежного способа стерилизации первичных эксплантов (узловых сегментов) и получение жизнеспособных асептических культур. Первоначальную предобработку мыльным раствором дополнили обработкой 96%-ным этиловым спиртом (экспозиция 10–15 сек.), после отмывания автоклавированной водой стерилизовали 0,1%-ным раствором AgNO<sub>3</sub> (экспозиция 10–15 сек.), отмывали тремя порциями стерильной воды. Экспланты высаживали на питательную среду Мурасиге – Скуга, для активации пазушных меристем дополненную б-бензиламинопурином (БАП) или N6-(дельта 2-изопентенил)-аденином (2ip) и индолилмасляной кислотой (ИМК).*

**Ключевые слова:** *сорта хризантемы корейской, стерилизация, экспланты, культура *in vitro*.*

Хризантема является важной культурой промышленного цветоводства Западной Европы, Японии, США, России, Беларуси и других стран. По объему продаж хризантемы уступают только розам (Литвиненко, 2020). Помимо декоративного применения некоторые виды широко используются в фармацевтической промышленности (Самарина, Беренда, 2011). *Chrysanthemum*