ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, 2024, № 4, с. 47–55

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ ПРОВИНЦИИ АНЗЯНГ (ВЬЕТНАМ) ПО МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫМ ДАННЫМ ДЗЗ И ПОЛЕВОГО СПЕКТРОРАДИОМЕТРИРОВАНИЯ

© 2024 г.
В. Г. Юферев[1], А. К. Кулик[1], Нгуен Чонг Хиеп[2], А. А. Васильченко[1], А. А. Выприцкий[1, *], Р. Н. Балкушкин[1], Ву Тхи Минь Чау[2], Чан Тхи Ле Тху[2]

[1]*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Волгоград, Россия*

[2]*Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, Хошимин, Вьетнам*

**E-mail: vyprickiy-a@vfanc.ru*

Поступила в редакцию 02.02.2024 г.

Пространственное распределение участков территории, используемой для ведения сельскохозяйственных работ, имеет большое значение для разработки мер по управлению территориями и планирования рационального использования земельных и водных ресурсов. Так как в условиях территории исследований возможен выбор сроков посева, выращивания и уборки урожая, то пространственные данные по размещению полей для выращивания риса могут быть использованы для оценки объема потребляемой для его выращивания воды и разработки модели севооборота для различного объема доступной воды исходя из уровня водозапаса основного источника. В статье представлены результаты картографирования площадей, занятых рисом в начале сухого сезона 2021 г. на основе материалов Sentinel-2, полевой верификации и спектрометрирования. По результатам картографирования в провинции занято рисом 197.1 тыс. га при общей площади провинции 352.2 тыс. га. В материалах статистики, посевная площадь риса за 2021 г. составила 624.9 тыс. га с учетом нескольких урожаев в год, а общая площадь земель, используемых под сельскохозяйственное производство – 279.2 тыс. га. На основе экспертного картографирования вручную выделено около 5 тыс. полей в разных состояниях, которые использовались как опорные для анализа. Выявлено распределение значений спектральных индексов NDVI и NDWI в пределах полей, а также значения КСЯ в каналах RGBNIR на основе материалов Sentinel-2 и полевого спектрометрирования PSR-1100f. Перекрестная попиксельная проверка результатов в пределах выделенных вручную полей показала следующий результат: из 2161 га достоверно выделено 2053 га площадей, занятых рисом. Точность производителя 94%, точность пользователя 91%. Корреляция значений выделенных площадей риса с экспертными составила R = 0.933. Сравнение результатов картографирования с продуктом земного покрова ESRI Land Cover показало сильную разницу. Площади земель сельскохозяйственного назначения в ESRI Land Cover сравнимы с материалами статистики, однако они не включают в себя аквафермы, сады, поля с овощами. По оценке с результатами картографирования риса, свыше 60 тыс. га сельскохозяйственных угодий в ESRI Land Cover ошибочно классифицированы как рис.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, геоинформационные системы, картографирование, спектрорадиометрирование

DOI: 10.31857/S0205961424040043, **EDN:** EMEVJO

ВВЕДЕНИЕ

Дельта Меконга, одна из крупнейших в мире (40576 км^2), располагается на территории Вьетнама и образует специфическую природную зону со сложной гидрографической системой протоков. Протяженность Меконга составляет 4350 км и протекает от Тибетского нагорья через Мьянму, Таиланд, Лаос, Камбоджу и Вьетнам до Восточного моря (Канаев, 2019). Этот регион играет важную роль в хозяйственной жизни Вьетнама, обеспечивая 17.7% ВНП, 54% урожаев риса, 60% – фруктов и 70% – морепродуктов (Рогожина, 2022). В аграрном секторе дельта Меконга имеет ведущую роль, поддерживая экспортный потенциал и обеспечивая продовольственную безопасность страны (Иванкова, 2017).

Различные страны, территории которых примыкают к Меконгу, имеют многосторонние связи в силу традиционных особенностей сельскохозяйственного, бытового и промышленного водопользования. Здесь же проявляется проблема сохранения прибрежных биоценозов, поддержания и регулирования рыболовства, функционирования энергетики и транспорта.

Одной из острых экологических проблем Вьетнама является недостаточное обводнение сельскохозяйственных угодий на территории поймы р. Меконг и поступления соленых морских вод на территорию агроландшафтов (Чан, 2018; Танкеев и др., 2015; Нгуен, 2020). Поэтому, идентификация границ и площадей сельскохозяйственных угодий (в том числе и рисовых) позволит провести моделирование использования объемов воды для растениеводства, а разработка способов автоматизации процессов картографирования позволит выполнять задачи оперативного мониторинга и составления рекомендаций.

Целью данной работы является разработка методики геоинформационного картографирования пространственного распределения рисовых угодий в провинции Анзянг по данным ДЗЗ высокого пространственного разрешения в условиях недостатка безоблачных снимков, с целью дальнейших рекомендаций по рациональному природопользованию.

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территорией исследования была выбрана провинция Анзянг (вьетн. An Giang), расположенная на северо-западе вьетнамской части дельты р. Меконг. Хозяйственное освоение данной территории проводится уже тысячелетиями, а освоенность территории приближена к максимальной. В структуре сельского хозяйства преобладают рисовые угодья, сады, овощные угодья и аквафермы, в которых выращивают как рыб, так и ракообразных (табл. 1). Следует заметить, что в статистических материалах указывается общая посевная площадь за год, с учетом нескольких урожаев. При этом, информация о площадях, используемых под определенный вид землепользования, отсутствует. В открытом доступе имеется недостаточно полная информация о количестве и площади используемых земель для зерновых культур по провинциям, но сведения есть только об общих количествах посевных площадей на регион дельты реки Меконг (Statistical yearbook..., 2021).

Ввиду особенностей географического положения, на дельту р. Меконг приходится минимальное наличие безоблачных снимков данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения: материалов спутника Landsat 8 съемочной аппаратуры OLI/TIRS в пределах дельты насчитывается 2–3 в год на тайлы 124-053, 125-053, 126-052, 126-053; материалов Sentinel 2A/2B съемочной аппаратуры MSI насчитывается 3–4 в год на тайлы T48PXR, T48PWS, T48PXS, T48PWT. При этом, если процент облачности менее 10, нередки случаи локальной облачности, необходимо вносить коррективы в процесс обработки и интерпретации исходных данных. Ограниченность данных серии Landsat 8–9 и Sentinel-2 (видимого и ближнего ИК) диапазона является причиной использования разными исследователями радарных данных (например, Sentinel-1) для исследований затопления (Lam et al., 2023), засоления (Hoa et al., 2019), дешифрирования территорий застройки в дельте реки Меконг (Ngo et al., 2021). Крупные исследования рисовых угодий проводились на основе данных MODIS (пространственное разрешение 250 м./пикс.) для всей дельты Меконг (Son et al., 2014). В провинции Анзянг группой исследователей были выявлены индикаторы для картографирования риса с использованием радарного диапазона (Phan et al., 2021), однако они связаны с временными рядами данных и информации о динамике роста и развития риса, но картографирование угодий не проводилось.

Использование данных спектрального видимого и ИК диапазона позволяет картографировать пространственные объекты с высокой точностью и меньшими временными затратами в сравнении с данными радарного диапазона. При этом, такие данные легче верифицировать и подобрать экспертные спектральные диапазоны объектов исследования.

В качестве основы для картографирования рисовых угодий использовались космические снимки

Таблица 1. Посевная площадь культур и количество поголовья животной продукции провинции Анзянг на 2021 год

Культуры	Посевная площадь, тыс. га	Скот	Поголовье, тыс. шт
Рис	624.9	Буйволы	2.4
Кукуруза	5.2	КРС	67
Батат	0.1	Свиньи	71.1
Маниока	0.7	Домашняя птица	4901
Сады	12.7		

со спутника Sentinel 2A/2B тайлов T48PWS, T48PVS и T48PWT (дата съемки 23.11.2021 г. – начало сухого сезона года). Радиометрическая калибровка и коррекция атмосферных искажений проводилась инструментарием QGIS, модуль SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) алгоритмом DOS1. Рис как культура в дельте Меконга выращивается круглогодично три раза на одном и том же поле (Phan et al., 2021), а территории с определенной фазой роста растений разделяются лишь дорожными сетями. Для идентификации риса необходима информация о значениях в различных спектральных диапазонах как с космических снимков, так и данных, полученных при помощи полевого эталонирования. Для выявления закономерностей в спектральных индексах для риса в стадии вегетации, уборки и подготовки к посадке была выбрана тестовая территория площадью 2.5 тыс. га. На территории исследования с марта по апрель 2023 г. с помощью полевого эталонирования спектрорадиометром PSR-1100F авторами составлены спектральные эталоны и фотоэталоны для основных пространственных объектов в сельском хозяйстве. В пределах территории исследования составлены 53 спектральных снимка и фотоэталона для рисовых полей в стадии роста растений (рис. 1), 37 эталонов для убранных полей и 20 эталонов на участках в предпосадочной стадии (первоначальное затопление), 30 эталонов для овощных культур и 40 для акваферм. Использование спектральных эталонов, полученных в ходе полевых исследований, на конец сухого сезона 2022–2023 гг. и материалов ДЗЗ начала сухого сезона 2021 г. допустимо, так как стадии выращивания риса в эти моменты почти идентичны. Начало сухого сезона является моментом полноценного роста урожая, посеянного в конце влажного сезона, а конец сухого сезона является уже другим урожаем, посеянным после 120–130 дней после сеяния предыдущего. При всем этом, в один момент можно наблюдать абсолютно разные фазы роста риса даже в пределах одной провинции. Ранний или поздний посев может объясняться как географическими, так и экономическими факторами. В зависимости от положения поля, количества запасенной воды после влажного сезона, наличия вблизи магистрального канала,

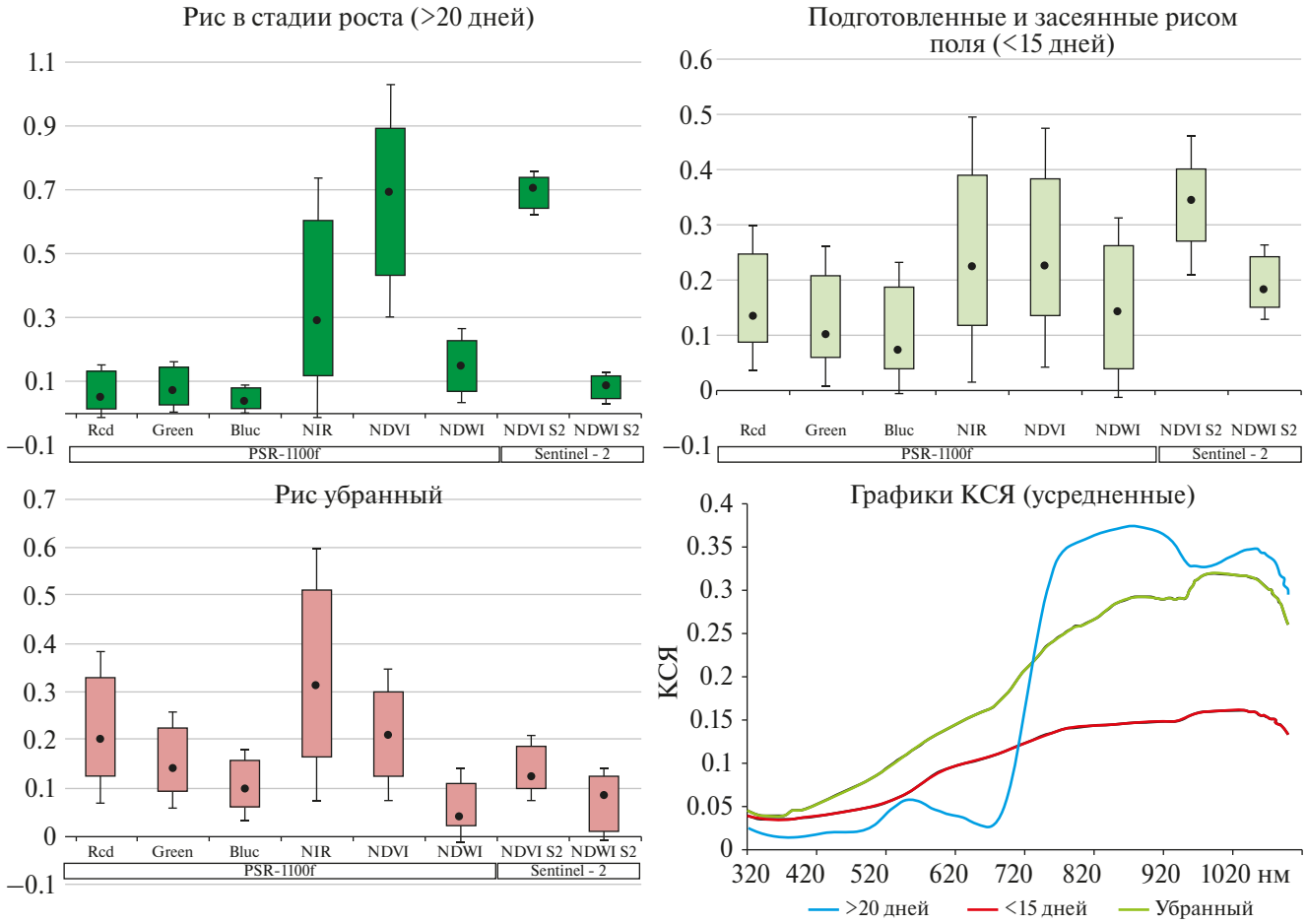

Рис. 1. Поканальные значения КСЯ и значения спектральных индексов рисовых угодий, полученные при наземных и космических исследованиях.

спада интенсивности дождей и даже способа посева или сбора урожая землепользователи высаживают (засеивают) рис раньше или с опозданием. Даже в пределах 1 км^2 земель сельскохозяйственного назначения встречаются одновременно поля с растущим рисом, рисом убранным и с предпосадочным затоплением.

На территории исследований определялись границы используемых полей за последние 3 года (для сравнения полученных данных со статистическими сводами за 2021 г.). Верификация сельскохозяйственных полей на территории исследований позволило максимально точно их классифицировать по состоянию с использованием данных ДЗЗ и рассчитать их основные вегетационные индексы для выявления закономерностей распределения спектральных характеристик полей. На тестовом полигоне экспертным методом с использованием данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения комбинации каналов “естественные цвета” выделено: 4677 рисовых полей в состоянии вегетации (2091 га), 97 полей убранного риса (37 га), 70 подготовленных к посадке (первоначальное затопление) (33 га), 25 полей овощей (6 га), 52 аквафермы (44 га), 73 сада (22.3 га) (рис. 2).

Спектральные эталоны составлялись с использованием спектрорадиометра диапазона 320–1100 нм, калибровка производилась с использованием отражательной панели 95% альбедо. Результатом съемки являлись файлы с показателями приходящей и отраженной энергии на площади 0.2 м^2 и фотоснимки поверхности. В пределах территории съемок подбирались различные по проективному покрытию площадки для составления максимально крупной базы данных с дальнейшим усреднением и сравнением с материалами ДЗЗ. Съемка проводилась в период с 10:00 до 12:00 по местному времени (в тоже время проводится съемка тайлов Sentinel-2A/2B на территорию дельты реки Меконг). Обработка первичных материалов осуществлялась с помощью программного обеспечения DARWin SP, поставляемого вместе с оборудованием. Данное программное обеспечение позволяет обрабатывать кривые Radiance и коэффициенты спектральной яркости (КСЯ), вычислять основные вегетационные, почвенные и водные индексы в настраиваемых спектральных диапазонах различных спутниковых систем.

В результате обработки полевых данных и материалов дистанционного зондирования Земли получены значения вегетационных и водных индексов

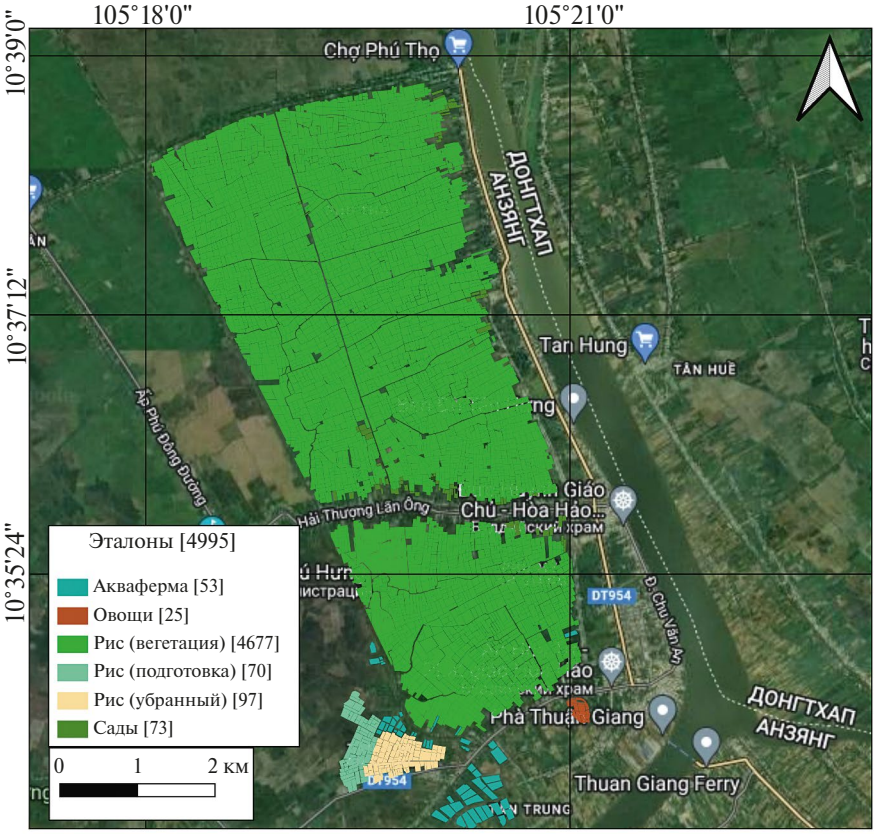

Рис. 2. Тестовая территория полевого эталонирования с границами сельскохозяйственных угодий.

для риса в различных стадиях роста растений. Так как все сельскохозяйственные угодья могут различаться по показателям количества биомассы и их увлажнения, то для выявления закономерностей были рассчитаны нормализованный разностный вегетационный NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index), определяемый как нормализованная разница между значениями в ближней инфракрасной и красной зонах спектра (Huang S. at. al., 2021), а также водный индекс NDWI (англ. Normalized Difference Water Index), определяемый как нормализованная разница между значениями в ближней инфракрасной и коротковолновой инфракрасной зоне (для спутника Sentinel-2 диапазон коротковолнового инфракрасного излучения от 2185.7 до 2202.4) (McFeeters S.K., 1996).

Различия в значениях индекса NDVI в пределах рисовых полей в разном состоянии сильно зависят от увлажнения. Максимальные значения NDVI встречаются в пределах полей с рисом в стадии роста, а минимальные в пределах первоначального затопления. Возможные ложные выделения риса в состоянии вегетации связаны с приграничными значениями NDVI для садов, однако при полевом эталонировании наглядно различаются по степени увлажнения и влагосодержания, что позволяет разделять такие территории друг от друга. Именно поэтому для выделения рисовых угодий использовались эмпирически подобранные пороговые значения для Sentinel-2 с корректировками спектрорадиометра PSR-1100F в последовательном алгоритме с соблюдением диапазона значений как и по NDVI, так и по NDWI. Рис вегетирующий также может быть идентифицирован как овощные поля. Однако, в среднем, NDVI овощных культур ниже, чем у риса (NDVI = 0.4-0.5 и NDWI = 0.1), но сравним с садами, поэтому в данном исследовании такие угодья не картографируются, а их идентификация будет служить продолжением исследований в данном направлении. Следуя из результатов анализа эталонных площадей и фотоэталонов для картографирования риса, были выбраны все полученные диапазоны значений с учетом стандартного отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Использование полученных значений спектральных индексов для оценки всех возможных стадий выращивания риса для всей провинции создан растр площадей, занятых рисом.

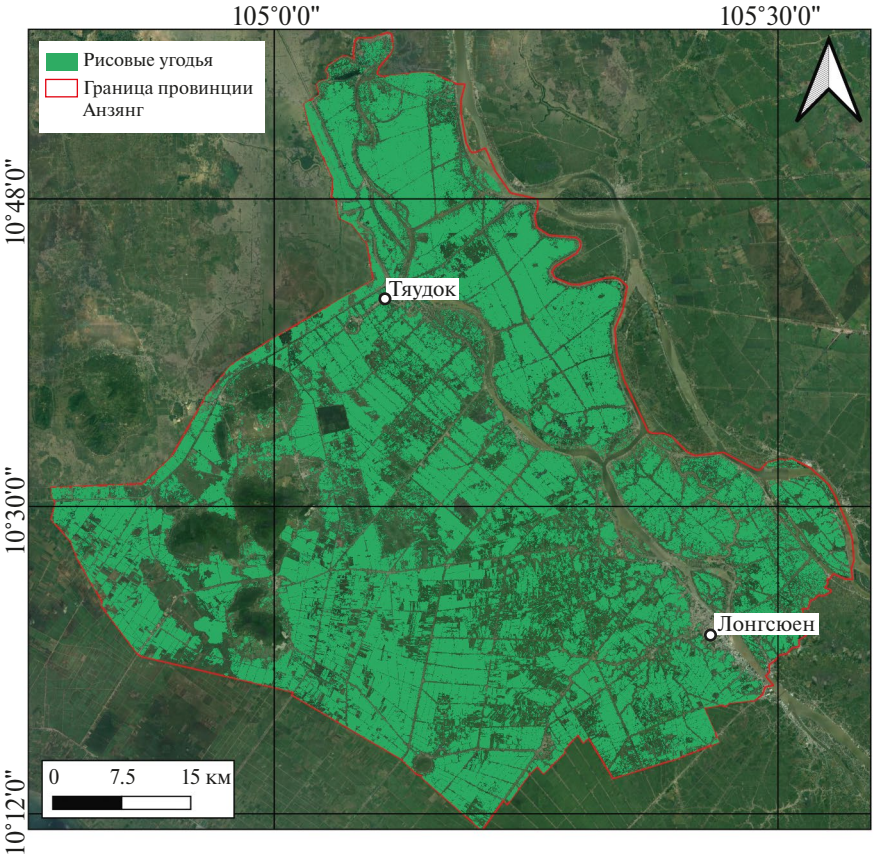

Рис. 3. Результат картографирования рисовых угодий в провинции Анзянг.

Для определения точности картографирования возделываемой культуры риса методом кросс-валидации рассчитано значение попиксельного соответствия площадей классифицированных полей с площадями экспертно выделенных и верифицированных на местности полей.

Установлено, что на тестовой территории общей площадью 2161 га достоверно выделено 2053 га площадей, занятых рисом. Точность производителя 95%, точность пользователя 91%. Корреляция значений выделенных площадей риса с экспертными составила R = 0.933. Всего в пределах провинции Анзянг при исследовании выделено 197.1 тыс. га рисовых полей при общей площади территории провинции в 352.5 тыс. га.

В материалах статистики, предоставленной (Statistical yearbook..., 2021) Вьетнама в 2021 г. в пределах провинции указано 624.9 тыс. га посевных площадей риса. Это объясняется тем фактом, что в исследуемой провинции использование отведенных земель под выращивание риса проводится три раза в год.

Общая площадь используемых земель для сельского хозяйства по данным статистики на 2021 год равна 279.2 тыс. га, а по данным глобального источника данных ESRI Land Cover в провинции Анзянг насчитывается 279.9 тыс. га земель с/х назначения, при этом, территории внутри рисовых плантаций ничем не разделены, в отличие от предложенного способа картографирования. Материалы статистики включают в себя информацию о площадях, занятых под рис, овощи, сады, аквафермы и иные сельскохозяйственные производства. ESRI Land Cover сады и аквафермы в этом классе не учитывает. Таким образом, информация о площадях с ESRI Land Cover завышена. Информация о площадях угодий, используемых для выращивания риса, отсутствует в открытом доступе, и информацию можно получить лишь, поделив посевную площадь на количество используемости рисовых чеков в год (рис. 3). Точность картографирования, в сравнении с данными статистики, равна 94.6%.

При средней площади поля, используемой для выращивания риса, 0.446 га, полученной при геоинформационном картографировании и полевой верификации, и общей площади, используемой для выращивания риса в провинции Анзянг, 197.1 тыс. га расчетное количество участков равно 442 тыс. шт. С учетом того, что за границы участков приняты все разделительные промежутки (каналы, дорожки и др.). Данный способ лишь оценивает общее количество полей. При условии того, что рисовое сельское хозяйство в дельте р. Меконг находится в частных руках и у каждого подворья есть свое небольшое хозяйство, такая цифра вполне обоснована.

При данном способе картографирования площадей, занятых под выращивание риса, основные ложные выделения связаны с идентификацией подготовленных к посадке рисовых чеков. По одномоментному снимку значения аквафермы и залитых водой рисовых чеков часто пересекаются, а единственным способом отсечь данные ошибки является фильтрация по площади получившихся полигонов. Отсечение ошибочных выделений других состояний риса также возможно исходя из площадей полигонов: в садах часто встречаются разрывы в виде каналов, а угодья для посадки овощей имеют небольшие размеры и мозаичную структуру.

ВЫВОДЫ

В процессе геоинформационного мониторинга состояния рисовых полей в провинции Анзянг (Вьетнам) по мультиспектральным данным ДЗЗ и полевого спектрорадиометрирования на территории исследований разработана локальная ГИС размещения, проведено картографирование границ используемых участков на тестовом полигоне за последние 3 года, при этом выделено контурами: 4677 рисовых полей в состоянии вегетации (2091 га), 97 полей убранного риса (37 га), 70 – подготовленных к посадке (33 га), 25 полей овощей (6 га), 52 аквафермы (44 га), 73 сада (22.3 га).

Всего под выращивания риса на территории провинции используется 73% сельскохозяйственных угодий. Выполненные результаты позволили получить статистические данные по значениям площади участков на базе 4844 измерений, установлено среднее значение площади участка – 0.447, стандартное отклонение – 0.309, максимальная площадь – 5.84 га, минимальная 0.02 га. Полученные статистические результаты дают возможность определить по среднему расчетное количество участков на территории провинции Анзянг, которое составляет 442 тыс. полей

Верификация рисовых полей на территории исследований позволила провести их классификацию по состоянию с использованием данных ДЗЗ и рассчитать их основные спектральные индексы для выявления закономерностей распределения спектральных характеристик полей. Различия в значениях индекса NDVI в пределах рисовых полей в разном состоянии сильно зависят от увлажнения. Максимальные значения NDVI встречаются в пределах полей с рисом в стадии роста, а минимальные в пределах первоначального затопления. Возможные ложные выделения риса в состоянии вегетации связаны с приграничными значениями NDVI для садов, однако при полевом эталонировании наглядно различаются по степе-

ни увлажнения и влагосодержания, что позволяет разделять такие территории друг от друга.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках задания Эколан 3.7. “Теоретические основы управления водными ресурсами реки Меконг на основе динамической модели водного баланса, математического и геоинформационного моделирования процессов формирования и динамики грунтовых и поверхностных вод”, согласно программе научно-технических исследований Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра и Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иванкова Т.В. Роль водных ресурсов в развитии экономики Вьетнама и сопутствующие экологические проблемы // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2017. № 5. С. 58–64. DOI: 10.17213/2075-2067-2017-5-58-64. EDN: YKYSLD.

Канаев Е.А. Китай, Вьетнам и проблема Меконга // Актуальные проблемы вьетнамоведения – 2019: вьетнамо-китайские отношения после войны 1979 года: Сборник статей. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Дальнего Востока Российской академии наук. 2019. С. 166–180. EDN: LZMCXJ.

Ле В.Т. Дельта Меконга. Как Вьетнам адаптируется к изменению климата / В.Т. Ле // Недвижимость: экономика, управление. 2020. № 2. С. 41–48. DOI: 10.22227/2073-8412.2020.2.41-48. EDN: XYREMJ.

Нгуен Т.Т.Н. Текущее состояние солевой интрузии в дельте Меконга во Вьетнаме // Вестник Научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. 2020. № 19. С. 74–80. DOI: 10.26897/2618-8732-2020-74-80. EDN: VSTTYU.

Рогожина Н.Г. Экологические и социальные проблемы дельты реки Меконг во Вьетнаме // Вьетнамские исследования: электронный научный журнал. 2022. Т. 6. № 2. С. 37–45. DOI: 10.54631/VS.2022.62-101585. EDN: VDYSFH.

Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Оценка лесистости агроландшафтов Юга Приволжской возвышенности по данным NDVI // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4(44). С. 32–39. EDN: UZBESJ.

Танкеев А.С., Новикова А.И., Фан Нут Л. Формирование зоны ситуации конфликтов в планировочной структуре территории сезонно затопляемых сельских районах (на примере дельты реки Меконг Вьетнама) // Известия Юго-Западного государственного университета. 2015. № 3(60). С. 86–95. EDN: VDOVQJ.

Чан Х.Т. Эколого-гидрологические проблемы дельты реки Меконг // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 1. С. 24–39.

Чан Х.Т. Причины вторжения соленых вод (поступления морской воды) в дельту реки Меконг (Вьетнам) и их воздействие на её состояние // Третьи виноградовские чтения. Грани гидрологии: Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова, Санкт-Петербург, 28–30 марта 2018 года. / Под редакцией О.М. Макарьевой. Санкт-Петербург: Издательство “Наукоемкие технологии”. 2018. С. 668–672. EDN: XUSSXJ.

Hoa P.V., Giang N.V., Binh, N.A., Hai L.V.H., Pham T.-D., Hasanlou M., Tien Bui D. Soil Salinity Mapping Using SAR Sentinel-1 Data and Advanced Machine Learning Algorithms: A Case Study at Ben Tre Province of the Mekong River Delta (Vietnam) // Remote Sens. 2019. Vol. 11. 128 p. https://doi.org/10.3390/rs11020128

Huang S., Tang L., Hupy J.P. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing // Journal of Forester Research. 2021. Vol. 32. P. 1–6. DOI: 10.1007/s11676-020-01155-1.

Lam C.-N., Niculescu S., Bengoufa S. Monitoring and Mapping Floods and Floodable Areas in the Mekong Delta (Vietnam) Using Time-Series Sentinel-1 Images, Convolutional Neural Network, Multi-Layer Perceptron, and Random Forest. // Remote Sens. 2023. Vol. 15. 2001 p. https://doi.org/10.3390/rs15082001

McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. 1996. Vol. 17. P. 1425–1432. DOI: 10.1080/01431169608948714.

Ngo K.D., Nghiem S.V., Lechner A.M., Vu T.T. Building Structure Mapping on Level Terrains and Sea Surfaces in Vietnam // Remote Sens. 2021. Vol. 13. 2439 p. https://doi.org/10.3390/rs13132439

Phan H., Le Toan T., Bouvet A. Understanding Dense Time Series of Sentinel-1 Backscatter from Rice Fields: Case Study in a Province of the Mekong Delta, Vietnam // Remote Sens. 2021. Vol. 13. 921 p. https://doi.org/10.3390/rs13050921

Son N.-T., Chen C.-F., Chen C.-R., Duc H.-N., Chang L.-Y. Phenology-Based Classification of Time-Series MODIS Data for Rice Crop Monitoring in Mekong Delta, Vietnam // Remote Sens. 2014. Vol. 6. P. 135–156. https://doi.org/10.3390/rs6010135

Statistical yearbook of Vietnam 2021. Q.: Statistics, 2021. ISBN 9786047518739

Geoinformation Monitoring of the Condition of Rice Fields in Giang Province (Vietnam) According to Multispectral ERS Data and Field Spectroradiometering

V. G. Yuferev[1], A. K. Kulik[1], N. T. Hiep[2], A. A. Vasilchenko[1], A. A. Vypritskiy[1], R. N. Balkushkin[1], V. T. M. Chau[2], T. T. L. Thu[2]

[1]*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Meliorations and Agroforestry of the RAS, Volgograd, Russia*

[2]*Southern Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center, Ho Chi Minh City, Vietnam*

The spatial distribution of areas of territory used for agricultural work is of great importance for the development of measures for managing territories and planning the rational use of land and water resources. As a result of the high development of land and its use for agricultural production, timely assessment of both the condition of soils and the growing season of crops in the fields plays an important role. Since in the conditions of the study area it is possible to choose the timing of sowing, growing and harvesting, spatial data on the location of fields for growing rice can be used to estimate the volume of water consumed for its cultivation and develop a crop rotation model for different volumes of available water based on the level of water reserves of the main crop. source. Geoinformation classification of Earth remote sensing data and the use of spectral indices can be used to monitor the dynamics of rice crop formation under existing conditions. Refinement of the results of geoinformation processing of satellite images is carried out using field standardization methods, including photo standardization, showing the real value of reflected energy during large-scale photography, and spectroradiometry, which makes it possible to determine the characteristics of the reflected energy by these objects in various spectral ranges. The results obtained made it possible to obtain statistical data on the values of the area of plots based on 4844 measurements; the average values of the area of plots were established – 0.447, standard deviation – 0.309, maximum area – 5.84 hectares, minimum 0.02 hectares. The obtained statistical results make it possible to determine on average the estimated number of plots in the territory of An Giang province, which is 442 thousand fields. Thus, when deciphering images of rice fields on satellite images, local geoinformation cartographic layers of such fields are developed, taking into account the actual characteristics and stage of plant vegetation, as well as the stage of harvesting and the stage of tillage.

Keywords: remote sensing, geographic information systems, mapping, spectroradiometry

REFERENCES

Hoa P.V., Giang N.V., Binh, N.A., Hai L.V.H., Pham T.-D., Hasanlou M., Tien Bui D. Soil Salinity Mapping Using SAR Sentinel-1 Data and Advanced Machine Learning Algorithms: A Case Study at Ben Tre Province of the Mekong River Delta (Vietnam) // Remote Sens. 2019. Vol. 11. 128 p. https://doi.org/10.3390/rs11020128

Huang S., Tang L., Hupy J.P. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing // Journal of Forester Research. 2021. Vol. 32. P. 1–6. DOI: 10.1007/s11676-020-01155-1.

Ivankova T.V. The role of water resources in the development of the Vietnamese economy and related environmental problems // Vestnik Yuzhno-Rossijskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (NPI). Seriya: Social'no-ekonomicheskie nauki. 2017. No. 5. P. 58–64. DOI: 10.17213/2075-2067-2017-5-58-64. EDN: YKYSLD. (In Russian).

Kanaev E.A. China, Vietnam and the Mekong problem // Aktual'nye problemy v'etnamovedeniya - 2019: v'etnamo-kitajskie otnosheniya posle vojny 1979 goda: Sbornik statej. – Moskva: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut Dal'nego Vostoka Rossijskoj akademii nauk. 2019. P. 166–180. EDN: LZMCXJ. (In Russian).

Lam C.-N., Niculescu S., Bengoufa S. Monitoring and Mapping Floods and Floodable Areas in the Mekong Delta (Vietnam) Using Time-Series Sentinel-1 Images, Convolutional Neural Network, Multi-Layer Perceptron, and Random Forest // Remote Sens. 2023. Vol. 15. 2001 p. https://doi.org/10.3390/rs15082001

Le V.T. Cities in Mekong delta – VietNam in adaptation to climate change // Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie. 2020. No. 2. P. 41–48. DOI: 10.22227/2073-8412.2020.2.41-48. EDN: XYREMJ. (In Russian).

McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. 1996. Vol. 17. P. 1425–1432. DOI: 10.1080/01431169608948714.

Ngo K.D., Nghiem S.V., Lechner A.M., Vu T.T. Building Structure Mapping on Level Terrains and Sea Surfaces in Vietnam // Remote Sens. 2021. Vol. 13. 2439 p. https://doi.org/10.3390/rs13132439

Nguyen T.T.N. Current state of salt intrusion in the Mekong delta in Vietnam // Vestnik Nauchno-metodicheskogo soveta po prirodoobustrojstvu i vodopol'zovaniyu. 2020. No. 19. P. 74–80. DOI: 10.26897/2618-8732-2020-74-80. EDN: VSTTYU. (In Russian).

Phan H., Le Toan T., Bouvet A. Understanding Dense Time Series of Sentinel-1 Backscatter from Rice Fields: Case Study in a Province of the Mekong Delta, Vietnam // Remote Sens. 2021. Vol. 13. 921 p. https://doi.org/10.3390/rs13050921

Rogozhina N.G. Socio-environmental problems of the Mekong delta in Vietnam // V'etnamskie issledovaniya: elek-

tronnyj nauchnyj zhurnal. 2022. Vol. 6. No 2. P. 37–45. DOI: 10.54631/VS.2022.62-101585. EDN: VDYSFH. (In Russian).

Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. Assessment of woodiness agrolandscapes of the Southern Volga upland according to NDVI // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2016. No. 4(44). P. 32–39. (In Russian).

Son N.-T., Chen C.-F., Chen C.-R., Duc H.-N., Chang L.-Y. Phenology-Based Classification of Time-Series MODIS Data for Rice Crop Monitoring in Mekong Delta, Vietnam // Remote Sens. 2014. Vol. 6. P. 135–156. https://doi.org/10.3390/rs6010135

Statistical yearbook of Vietnam 2021. Q.: Statistics, 2021. ISBN: 9786047518739

Tankeev A.S., Novikova A.I., Phan Nhut L. Development of the conflict situation in the planning structure of the seasonally flooded rural areas (on the example of Mekong river' delta, Vietnam) // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. No. 3(60). P. 86–95. EDN: VDOVQJ. (In Russian).

Tran H.T. Causes of invasion of salt water (increasing sea water) in the delta in the Mekong river (Vietnam) and their impact on its state // Tret'i vinogradovskie chteniya. Grani gidrologii: Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii pamyati vydayushchegosya russkogo gidrologa Yuriya Borisovicha Vinogradova, Sankt-Peterburg, 28–30 marta 2018 goda. Pod redakciej O.M. Makar'evoj. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo "Naukoemkie tekhnologii". 2018. P. 668–672. EDN: XUSSXJ. (In Russian).

Tran H.T. Environmental/hydrological problems of the Mekong river delta // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2019. No. 1. P. 24–39. (In Russian).