Формирование информационной базы спутниковых и наземных данных для отработки методик дистанционного мониторинга виноградарства в Республике Крым

В.А. Толпин², Е.А. Рыбалко¹, Н.В. Баранова¹, А.В. Кашницкий², Е.А. Лупян²,
И.А. Уваров²

¹Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарах» РАН, Ялта, Россия
E-mail: agroeco-magarach@yandex.ru

²Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

Работа посвящена вопросам формирования информационной базы спутниковых и наземных данных для отработки методик дистанционного мониторинга виноградарства в Республике Крым. Информационная база создавалась в рамках проекта «Разработка научно методических основ геоинформационной технологии дистанционного мониторинга виноградников», выполняемого совместно Национальным научно-исследовательским институтом виноградарства и виноделия «Магарах» (ННИИВиВ «Магарах») и Институтом космических исследований РАН (ИКИ РАН). В работе рассказывается о структуре и составе созданной информационной базы, инструментах и возможностях работы с ней. Разработанная информационная база создавалась на основе архивов данных наземных наблюдений, накопленных в ННИИВиВ «Магарах» (границы, возраст и сорт, схема посадки, метеоусловия и т.д.), и многолетних рядов спутниковых данных, имеющихся и получаемых в Центре коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг». В работе представлены также различные возможности проведения обработки и анализа данных, накопленных в информационной базе, реализованные на основе системы «Вега-Science».

Ключевые слова: методы дистанционного зондирования, методы обработки спутниковых данных, дистанционный мониторинг, спектральные профили, вегетационный индекс, виноградники, состояние растительного покрова, геоинформационные технологии, агроэкологические условия, экспериментальный полигон

Одобрена к печати: 30.01.2017
DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110

Современное виноградарство для обеспечения высокой эффективности производства требует постоянного контроля над всеми агротехнологическими операциями. При этом чрезвычайно важно своевременно выявлять какие-либо отклонения в росте и развитии растений и оперативно вносить изменения в технологию выращивания с целью предотвращения снижения урожайности и качества продукции. Этот процесс зачастую бывает весьма затруднителен из-за необходимости одновременного охвата больших площадей, а также постоянного изменения производственно-эксплуатационных и агроэкологических характеристик сельскохозяйственных земель в силу различного рода природных процессов и хозяйственной деятельности человека. Получение объективной своевременной информации о состоянии насаждений необходимо для прогнозирования урожайности, планировании сроков уборки и других мероприятий, своевременного обновления виноградников, увеличения урожайности, уменьшения затрат и повышения рентабельности.

Все эти задачи невозможно решить без использования современных технологий. Такими, безусловно, являются технологии спутникового дистанционного зондирования, которые в последние годы активно развиваются и все чаще и активнее используются для решения различных задач мониторинга сельскохозяйственных земель.

Однако виноградарство является довольно специфичной отраслью сельского хозяйства, что накладывает свои особенности на процесс производства. Поэтому при использовании спутниковых технологий для мониторинга виноградников требуется разработка специальных методов и подходов. Для решения данной задачи ННИИВиВ «Магарач» РАН и ИКИ РАН при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в 2015–2016 гг. осуществляют совместный проект по разработке методов и подходов дистанционного мониторинга виноградников (Рыбалко и др., 2016).

Основой данного проекта стало выделение определённой территории, занятой виноградниками, обладающей благоприятными для винограда природно-климатическими условиями, хорошим состоянием растений, доступностью для изучения и большим разнообразием характеристик насаждений. Данный экспериментальный полигон обеспечивает получение информации для верификации методов обработки спутниковых данных и отработки методики использования получаемой информации для решения задач мониторинга виноградников на основе комплексного использования спутниковой и наземной информации.

Особенности тестового полигона

Для отработки алгоритмов спутникового мониторинга виноградников была выбрана территория четырёх виноградарских хозяйств с общей площадью виноградных насаждений более 1700 га, расположенных на Южном берегу Крыма (ЮБК). Данные участки занимают прибрежную территорию от Фороса до Алушты.

В пределах Крымского полуострова данная местность является самой благоприятной по почвенно-климатическим условиям для выращивания винограда.

Значительное влияние на климат ЮБК оказывают Крымские горы и Черное море. Определяется климат территории не столько высотой Крымских гор, сколько их направленностью с запада на восток, параллельно южному побережью. Горы защищают ЮБК от холодных северных, западных, местами восточных ветров. Под влиянием гор возникает существенная разница между районами северного Крыма и южного берега. Эта разница достигает 20°С (Фурса и др., 2006).

Черное море сглаживает резкие температурные колебания, умеряя жару летом и утепляя побережье в холодный период. С запада на восток количество осадков уменьшается. Благодаря такому географическому расположению на данной территории практически не бывает критических для винограда морозов, а обилие тепла и света позволяет выращивать здесь сорта любых сроков созревания и получать виноградарско-винодельческую продукцию высочайшего качества. Кроме того, виноградарские хозяйства Южного берега Крыма отличаются высокой культурой земледелия, что должно благоприятно сказаться на правильности идентификации южнобережных виноградников на спутниковых снимках.

Средняя годовая температура на Южном берегу Крыма составляет 13–14°С. Суммы активных температур выше 10°С находятся в пределах от 3488°С до 4414°С. Вегетацион-

ный период в среднем длится 206 дней. Средняя дата последнего заморозка весной за многолетний период приходится на вторую декаду марта, а средняя дата первого осеннего заморозка – на третью декаду ноября (Иванченко др., 2011, 2013).

Весенние и осенние заморозки не влияют на продолжительность теплого периода, так как весенние – оканчиваются до перехода температуры воздуха через 10°C, а осенние – начинаются после перехода температуры воздуха через этот предел.

Абсолютный минимум температур в приморской зоне составляет минус 13–15°C, в районе Мисхора – минус 12°C, в предгорной и среднегорной зоне – минус 17–21°C (Драган, 2004). Средний из абсолютных минимумов температуры в зоне произрастания винограда составляет минус 6–8°C. Понижение температуры до вышеуказанных пределов не является критическим для перезимовки виноградного растения.

Годовое количество осадков в приморском и предгорном районах ЮБК находится в пределах от 366 мм до 949 мм (Иванченко и др., 2011). Количество выпавших осадков на ЮБК в холодный период больше, чем в теплый. Данное явление связано с выходом на Черное море средиземноморских циклонов. Недостаточное количество осадков в теплое время года вызывает необходимость орошения винограда.

Почвы ЮБК представлены буроземами, сформированными на продуктах разрушения глинистых сланцев и известняков. Благодаря скелетности шиферно-глинистые почвы Южного берега отличаются значительной водопроницаемостью. Основные почвы южной приморской зоны по своим свойствам благоприятны для возделывания винограда. Ограничивающими факторами могут быть малая мощность, мелкоземистость корнеобитаемого слоя, высокая скелетность и карбонатность. На склонах южной экспозиции они хорошо прогреваются. Это способствует хорошему сахаронакоплению (Драган, 2004).

Рельеф территории очень сложный, преобладают эрозионные, эрозионно-оползневые и эрозионно-холмистые формы рельефа. Поэтому данная территория отличается значительной расчленённостью, которую усиливают многочисленные реки, балки и овраги.

Собранная информация по тестовому полигону

В процессе исследований накоплены значительные массивы данных по тестовому полигону, включающие в себя как информацию, полученную при наземных экспедиционных обследованиях виноградных насаждений, так и информацию на основе спутниковых данных и их обработки.

Сформирована база данных по нескольким сотням виноградников, содержащая следующую информацию:

- производственно-эксплуатационные характеристики виноградников (границы, возраст, сорт, схема посадки);
- агроэкологические характеристики виноградников (абсолютная высота над уровнем моря, экспозиция склонов, крутизна склонов, теплообеспеченность территории, морозоопасность территории, почвенный покров);

Сформированы наборы данных по урожайности винограда на тестовом участке (г. Ялта) за период с 1989 по 2011 года; используется постоянно пополняющийся архив метеоданных за период с 2000 года по настоящее время. Также используется архив метеоданных за 1982–2015 гг. по 15 метеостанциям Крыма.

По тестовому полигону за период с 1999 г. по настоящее время сформированы архивы различных спутниковых данных, предоставляемых Центром коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015). В том числе данные спутников: Terra, Aqua, Landsat, Sentinel-1, Sentinel-2, Метеор М №2 (прибор КМСС), Ресурс П (прибор ГСА), Канопус В и др. Подробное описание данных, доступных в настоящее время по тестовому полигону, представлено в работе.

Возможности обработки и анализа

Для организации работы со сформированной информационной базой использованы возможности системы Vega-Science (<http://sci-vega.ru/>) (Лупян и др., 2011, 2014; Толпин и др., 2014). Система позволяет проводить анализ различных данных распределенными коллективами исследователей, используя вычислительные мощности ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015). Для работы с информацией, накопленной по тестовому полигону, в системе был создан специализированный блок работы со сформированными архивами наземной и спутниковой информации. Среди его возможностей можно отметить выполнение таких функций, как визуализация данных (рис. 1), анализ спектральной информации (рис. 2), обучение классификации с использованием наземных данных (рис. 3), анализ динамики вегетационных индексов (рис. 4), анализ состояния и динамики виноградников (рис. 5).

Рис. 1. Распределение различных сортов винограда на тестовом полигоне на фоне данных спутника Sentinel-2 от 19 октября 2016 года

а)

б)

в)

Рис. 2. Анализ спектральной информации: а) пример возможности совместного анализа цветосинтеза, полученного на основе данных гиперспектрометра ГСА-1 спутника Ресурс П №1 27 сентября 2015 года, и информации о сортах посадок винограда на тестовом полигоне; б) примеры спектральных профилей различных сортов винограда, полученных на основе данных прибора ГСА: серый – каберне савиньон, зеленый – мускат янтарный; оранжевый – пино серый, синий – саперави; в) пример отличия спектральных профилей посадок винограда от профилей других типов поверхности: серый – открытая почва, зеленый – лес; оранжевый – пино серый

а)

б)

Рис. 3. Обучение классификации с использованием наземных данных: а) пример построения обучающей выборки для двух видов сортов винограда; б) результат классификации

а)

б)

Рис. 4. Анализ временных вегетационных индексов для разных типов сортов винограда:
а) распределение виноградников по срокам созревания; б) динамика вегетационных индексов
в 2016 (сплошные линии) и 2015 (прерывистые линии) годах для «поздних» (темно-зеленые
графики) и «раннесредних» (светло-зеленые графики) сортов

Рис. 5. Использование различных информационных продуктов для анализа состояния и динамики виноградников: а) продукт «естественный синтез», полученный по данным Sentinel-2A 02.05.2016, б) продукт «естественный синтез», полученный по данным Sentinel-2A 21.06.2016, в) многовременной синтез на основе данных, полученных 02.05.2016 (R), 21.06.2016 (G), 20.08.2016 (B); г) карта NDVI – 02.05.2016

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что собранные массивы данных дистанционного зондирования Земли и наземных наблюдений в сочетании с использованием реализованных на основе сервиса Vega-Science возможностей анализа данных дают широкие возможности по отработке алгоритмов дистанционной оценки и мониторинга виноградников Республики Крым. Следует отметить, что полученные данные постоянно обновляются, что позволяет оперативно получать актуальные данные о состоянии виноградников на больших площадях. Отметим также, что разработанная система позволяет проанализировать историю землепользования конкретного участка, а также проследить многолетнюю динамику состояния растений на нем, поскольку содержит значительный объем архивной информации. Проводимые работы в перспективе могут позволить повысить эффективность решения задач контроля и управления виноградарством, включающие в себя такие задачи, как картирование и классификация виноградников, создание электронного реестра насаждений и оперативного мониторинга их состояния с целью предотвращения потерь урожая от неблагоприятных факторов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-07-05564), используемая в рамках проекта информационная система Вега-Science создавалась, поддерживается и развивается в рамках проектов ФАНО (тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164)

Литература

1. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Научная монография. 2-е изд. Симферополь: Доля, 2004. 208 с.
2. Иванченко В.И., Алёша А.Н., Матчина И.Г., Лиховской В.В., Олейников Н.П., Корсакова С.П., Баранова Н.В., Рыбалко Е.А., Ткаченко О.В. Состояние и перспектива развития виноградарства АР Крым. Ялта: НИВиВ «Магарач», 2013. 168 с.
3. Иванченко В.И., Баранова Н.В., Тимофеев Р.Г., Рыбалко Е.А. Рекомендации по размещению промышленных посадок столового винограда в зависимости от его сортового состава и агроэкологических условий местности в АР Крым. Ялта: НИВиВ «Магарач», 2011. 34 с.
4. Лупян Е.А., Барталев С.А., Толпин В.А., Жарко В.О., Крашенинникова Ю.С., Оксюкевич А.Ю. Использование спутникового сервиса ВЕГА в региональных системах дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 3. С. 215–232.
5. Лупян Е.А., Прошин А.А., Буцез М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычуглов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.
6. Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
7. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Лупян Е.А., Толпин В.А., Кашицкий А.В., Уваров И.А., Крашенинникова Ю.С., Иванченко В.И. Организация работы с данными наземных и дистанционных наблюдений для решения задач дистанционного мониторинга виноградарства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 1. С. 79–92. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-1-79-92.
8. Толпин В.А., Лупян Е.А., Барталев С.А., Плотников Д.Е., Матвеев А.М. Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА» // Оптика атмосферы и океана, 2014. Т. 27. № 7 (306). С. 581–586.
9. Фурса Д.И., Корсакова С.П., Фурса В.П., Иванченко В.И. Агроклиматические ресурсы Южного берега Крыма в районе Большой Ялты и их оценка применительно к винограду. Ялта: НИВиВ «Магарач», 2006. 59 с.

Building a repository of satellite and ground data for the development of viticulture remote monitoring methods in the Republic of Crimea

V.A. Tolpin², E.A. Rybalko¹, N.V. Baranova¹, A.V. Kashnitskiy², E.A. Loupian², I.A. Uvarov²

¹Magarach National Research Institute for Vine and Wine RAS, Yalta, Russia
E-mail: agroeco-magarach@yandex.ru

²Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

The paper discusses issues related to the formation of a satellite and ground data repository as a basis for the development and testing of the methods of viticulture remote monitoring in the Republic of Crimea. The repository has been created in the framework of project “Development of scientific and methodological basis of geo-information technologies for remote monitoring of the vineyards”, a cooperative effort of Magarach National Research Institute for Vine and Wine RAS (Magarach) and Space Research Institute RAS (IKI RAS). The structure and content of the repository, its tools and capabilities are described. The repository is based on data archives of ground-based information accumulated at

Magarach (borders, grape ages and varieties, planting arrangement, weather conditions, etc.) and long-term series of satellite data stored and continuously updated at IKI-Monitoring Center for Collective Use of IKI RAS. The paper also presents various capabilities in processing and analysis of the repository data that are implemented on the basis of the VEGA-Science system.

Keywords: remote sensing methods, satellite data processing methods, remote monitoring, spectral profiles, vegetation index, vineyards, vegetation cover state, GIS technologies, agro-ecological conditions, test site

Accepted: 30.01.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-1-101-110

References

1. Dragan N.A., *Pochvennye resursy Kryma. Nauchnaya monografiya* (Soil resources of Crimea. Scientific monograph), 2nd issue, extended, Simferopol: Dolya, 2004, 208 p.
2. Ivanchenko V.I., Alesha A.N., Matchina I.G., Likhovskoi V.V., Oleinikov N.P., Korsakova S.P., Baranova N.V., Rybalko E.A., Tkachenko O.V., *Sostoyanie i perspektiva razvitiya vinogradarstva AR Krym* (Status and prospects of the viticulture development in Crimea), Yalta: Magarach, 2013, 168 p.
3. Ivanchenko V.I., Baranova N.V., Timofeev R.G., Rybalko E.A., *Rekomendatsii po razmeshcheniyu promyshlennykh posadok stolovogo vinograda v zavisimosti ot ego sortovogo sostava i agroekologicheskikh uslovii mestnosti v AR Krym* (Recommendations for the placement of industrial plantings of table grapes depending on the varietal composition and local agro-ecological conditions in the republic of Crimea), Yalta: Magarach, 2011, 34 p.
4. Loupian E.A., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Zharko V.O., Krasheninnikova Yu.S., Oksyukevich A.Yu., Ispol'zovanie sputnikovogo servisa VEGA v regional'nykh sistemakh distantsionnogo monitoringa (VEGA satellite service applications in regional remote monitoring systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, Vol. 11, No. 3, pp. 215–232.
5. Loupian E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Tsentral'nyy kolektivnyy pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
6. Loupian E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E., Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("VEGA") (Satellite Service for Vegetation Monitoring VEGA), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
7. Rybalko E.A., Baranova N.V., Loupian E.A., Tolpin V.A., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Krasheninnikova Yu.S., Ivanchenko V.I., Organizatsiya raboty s dannymi nazemnykh i distantsionnykh nablyudenii dlya resheniya zadach distantsionnogo monitoringa vinogradnikov (Management of ground data and remote observations data processing aimed at vineyards remote monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 1, pp. 79–92.
8. Tolpin V.A., Loupian E.A., Bartalev S.A., Plotnikov D.E., Matveev A.M., Vozmozhnosti analiza sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoi rastitel'nosti s ispol'zovaniem sputnikovogo servisa "VEGA" (Possibilities of agricultural vegetation condition analysis with the "VEGA" satellite service), *Atmospheric and Oceanic Optics*, 2014, Vol. 27, No. 7 (306), pp. 581–586.
9. Fursa D.I., Korsakova S.P., Fursa V.P., Ivanchenko V.I., Fursa D.I., Korsakova S.P., Fursa V.P., Ivanchenko V.I., *Agroklimaticheskie resursy Yuzhnogo berega Kryma v raione Bol'shoi Yalty i ikh otsenka primenitel'no k vinogradu* (Agroclimatic resources of the southern coast of Crimea in the area of Greater Yalta and their evaluation in relation to grapes), Yalta: Magarach, 2006, 59 p.