

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 630.90

**ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ
(АЭРОКОСМИЧЕСКИХ) МЕТОДОВ
В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ**

Сучков Д.К.

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук, Волгоград, e-mail: suchkov1992@yandex.ru*

В обзорной статье описывается история применения аэрокосмических технологий в лесном секторе Российской Федерации. В качестве теоретического базиса, на котором основывается представленное нами исследование, рассматривались научные разработки, сделанные как отечественными специалистами, так и учеными из зарубежных стран. Исследуемые научные труды касались таких вопросов, как сущность, закономерность функционирования и закономерность развития цифровых технологий в агролесомелиорации. В работе применялись общенаучные методы, используемые в исторической и сельскохозяйственной науках. Поиск материалов осуществлялся в базах данных eLibrary.Ru, поисковой системе «Google Академия» и портале ResearchGate. Глубина поиска составила период 1976–2022 гг. Поисковые запросы выполнялись по следующим ключевым словам на русском и английском языке: «история аэрофотосъемки и гис-технологий», «цифровые технологии в агролесомелиорации», «космоснимки»; aerial photography, satellite images, gis technologies, protective forest plantations, remote methods. Установлено, что дистанционные (аэрокосмические) методы успешно применяются в отечественном лесном хозяйстве с конца XVIII в. Рассмотрены современные методы применения пространственного анализа для рационального природопользования как инструмента поддержки принятия решений. Благодаря их использованию были реализованы инвентаризация и картографирование лесов России, комплекс мероприятий по охране лесов от пожаров, вредителей и болезней, наблюдение за лесопользованием и воспроизводством. По результатам анализа многочисленных научных работ был сделан вывод, что цифровые технологии позволяют оптимизировать процесс цифровизации сельскохозяйственной отрасли и повысить производительность труда предприятий лесного сектора экономики страны. Но требуются дальнейшие разработки с использованием геоинформационных технологий в изучении защитных лесных насаждений.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, космоснимки, гис-технологии, защитные лесные насаждения, цифровые технологии

**HISTORY OF REMOTE (AEROSPACE) APPLICATIONS METHODS
IN RUSSIAN FORESTRY**

Suchkov D.K.

*Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: suchkov1992@yandex.ru*

The review article describes the history of the use of aerospace technologies in the forest sector of the Russian Federation. As a theoretical basis on which the research presented by us is based, scientific developments made by both domestic specialists and scientists from foreign countries were considered. The research papers concerned such issues as the nature, the regularity of functioning and the regularity of the development of digital technologies in agroforestry. The general scientific methods used in historical and agricultural sciences were used in the work. The search for materials was carried out in databases eLibrary.Ru., the Google Academy search engine, and the ResearchGate portal. The search depth was the period 1976-2022. Search queries were performed for the following keywords in Russian and English: history of aerial photography and GIS technologies, digital technologies in agroforestry, satellite images; aerial photography, satellite images, gis technologies, protective forest plantations, remote methods. It is established that remote (aerospace) methods have been successfully used in domestic forestry since the end of the 18th century. Modern methods of spatial analysis application for rational nature management as a decision support tool are considered. Thanks to their use, inventory and mapping of Russian forests, implementation of a set of measures to protect forests from fires, pests and diseases, monitoring of forest management and reproduction were implemented. According to the results of the analysis of numerous scientific papers, it was concluded that digital technologies will optimize the process of digitalization of the agricultural sector and increase the productivity of enterprises in the forestry sector of the country's economy. But further developments are required, with the use of geoinformation technologies, in the study of protective forest plantations.

Keywords: aerial photography, satellite images, gis technologies, protective forest plantations, digital technologies

Применение снимков высокого разрешения, снятых с космических аппаратов для таких целей, которые касаются исследований леса, а также оценки ЗЛН, актуализировалось в 1980-е гг.

С точки зрения В. Виноградова, в аэрокосмическом мониторинге, проводимом в отношении систем агролесомелиоративного типа, имеется несколько разделов [1]. Первым разделом выступает такой, как

осуществление фитоэкологической расшифровки снимков, сделанных из космоса (данный раздел предоставляет возможность составлять документацию, куда вносятся сведения о том, насколько конкретные почвы являются пригодными с точки зрения размещения лесов на занимаемой ими территории). Второе направление – это инвентаризация таких лесных насаждений, которые к моменту проведения космической фотосъемки существуют на конкретной территории. Третье направление – это оценивание того, насколько лесные насаждения являются эффективными с точки зрения обеспечения экологической защиты на той территории, где они располагаются.

Целью исследований являлся обзор эффективности и истории применения аэрофотосъемки в защитном лесоразведении.

Материалы и методы исследования

В процессе написания работы применялась совокупность методов и подходов: системный и комплексный метод, метод экспертных оценок, методы различного вида анализов, в том числе и статистического анализа, посредством которых было проведено исследование ряда публикаций и монографий в рамках темы настоящей статьи [2]. Поиск материалов осуществлялся в базах данных eLibrary.Ru., поисковой системы «Google Академия» и портале ResearchGate. Глубина поиска составила период 1976–2022 гг. Поисковые запросы выполнялись по следующим ключевым словам на русском и английском языке: «история аэрофотосъемки и гис-технологий», «цифровые технологии в агролесомелиорации», «космоснимки»; aerial photography, satellite images, gis technologies, protective forest plantations, remote methods.

Результаты исследования и их обсуждение

Распространена позиция, в соответствии с которой воздушная съемка начала вестись в Российской Империи еще в 1880-х гг. [3]. Так, в 1886 г. А. Кованько, который осуществил подъем на большую высоту в воздух, используя для этого аэростат, произвел на высоте 800 м относительно Санкт-Петербурга несколько перспективных фотографических снимков. Через несколько десятилетий после обозначенного события была выдвинута мысль о том, что аэроснимки могут быть применены для изучения лесного дела. Автором данной мысли

оказался русский специалист в инженерной деятельности Р. Тиле [4]. Однако до стадии практического воплощения в жизнь прокомментированная мысль была доведена только через полтора десятилетия. В 1921 г. в ходе проведения первой Лесной конференции, состоявшейся на территории г. Москвы, Г. Турский сформулировал предложение о применении аэрофотосъемки, а также об использовании материалов, накапливающихся по ее итогам, для того, чтобы проводить таксацию леса. Такие предложения были уже через год реализованы на практике благодаря усилиям, предпринятым А. Новосельским. Он произвел аэросъемку для того, чтобы осуществить лесную таксацию. По итогам проведенной работы специалист пришел к выводу, что она является в достаточной степени эффективной для дальнейшего применения [5].

Начиная с 1932 г. деятельностью, сопряженной с эксплуатацией фотосъемки, проводимой с летательных аппаратов, начали заниматься специалисты ВНИИ сельскохозяйственной авиации (данное научное учреждение располагалось на территории г. Ленинграда) [6]. А вскоре после завершения Второй мировой войны начало функционировать объединение «Ленпроект», специалисты которого стали заниматься фотографической съемкой лесов, производимой с воздушных летательных аппаратов, уже по всей территории Советского Союза [7]. Благодаря практической деятельности, выстраиваемой указанными учреждениями, начал формироваться научный базис деятельности, сопряженной с аэрофотографированием лесных территорий. Уже в первые годы такая деятельность начала проводиться по нескольким направлениям [8].

Одним из данных направлений являлось дешифрование актуального состояния лесных насаждений на основании данных, представленных на фотографических снимках, делаемых посредством перемещения летательных аппаратов в воздухе [9]. Никакой объект леса не может быть исследован исключительно на основании его вида сверху. Таким образом, всегда, когда проводится аэрофотографирование леса, полученные по его итогам данные должны быть подтверждены через проведение полевых исследований. Но тем не менее применение фотографических снимков, сделанных с летательных аппаратов, обладает неоспоримым достоинством. Выражается оно

в том, что закладывается фундамент для существенного сокращения объемов проводимой полевой деятельности. В 1923 г. таким специалистом, как А. Новосельский, были проведены первые научные опыты, касающиеся сопряженности между собой показатели древостоев и полога [10]. Таким способом к нынешнему времени удалось сформировать большое количество материала, касающегося того, как нужно рассчитывать значение таксационных величин, присутствующих у насаждений, существующих в условиях камерального характера. Одним из специалистов, проводивших систематическую работу именно для развития комментируемого направления, оказался Г. Самойлович [11]. В частности, благодаря усилиям, предпринятым именно этим специалистом, были разработаны такие способы, которые предоставляли возможность реализовывать таксационную расшифровку фотографических карточек, делаемых в отношении леса посредством летательных аппаратов. Кроме того, данный специалист считается в научной среде создателем технологии, обеспечивающей максимально рациональную организацию работ с точки зрения проведения лесной таксации [12]. Рассмотрению вопросов, сопряженных с тем, как связаны между собой дешифровочные и таксационные характеристики лесных насаждений, уделили внимание в собственных научных трудах такие специалисты, как Д. Киреев, И. Трунов, а также А. Березин [13]. Они обращали внимание в том числе на то, как сопряжены характеристики, присутствующие у древесных крон, с характеристиками, демонстрируемыми древесными стволами. По итогам проведенной ими работы были представлены доказательства того, что связи корреляционного характера, имеющиеся между характеристиками дешифровочного и таксационного характера, имеются лишь у таких древостоев, для существования которых созданы определенные физико-географические параметры. Соответственно связи, выступающие в качестве актуальных для той или иной географической территории, не могут быть применены для анализа ситуации, складывающейся в иных географических районах.

Второе направление, на котором мы акцентируем внимание в работе, – это исследование характеристик, присутствующих у лесного полога. Специалистами, которые внесли наиболее существенный вклад в изучение данного направления, стали

Г. Самойлович вместе с В. Березиным. В частности, Г. Самойлович выступает разработчиком классификационной системы, в соответствии с которой все деревья могут быть распределены по категориям в зависимости их внешнего вида [7]. Данная классификационная система применяется и современными специалистами.

Третье направление представляет собой исследование спектральных параметров, присутствующих у растений. Отметим вклад в развитие данного направления, внесенный Е. Криновым [4]. По итогам его научных разработок, предпринятых в течение 1940-х гг., было определено следующее: в зависимости от того, каким конкретным значением спектральной яркости характеризуется тот или иной объект, находящийся на Земле, он может быть причислен к одной из четырех категорий. Все эти категории разнятся друг с другом с той точки зрения, что у них имеется уникальная отражающая способность. Первая категория сформирована горными породами, а также почвами. Ко второй категории специалистом были отнесены покровы снега и растений вместе с водными поверхностями. Открытие, совершенное Е. Криновым, характеризуется как исключительно важное с тех позиций, что оно стало основой для проведения многочисленных научных разработок, касающихся того, какой отражательной особенностью описываются самые разнообразные объекты, присутствующие в природе. По итогам научных разработок, что впоследствии были осуществлены С. Беловым, Н. Хариным вместе с еще несколькими специалистами, были сформированы следующие выводы [11]. На то, какими оптическими свойствами описываются те или иные растения, воздействуют, прежде всего, их морфологические спецификации, особенности их возраста, а также специфика географического расположения.

Четвертое направление исследовательской деятельности – это нахождение повреждений, присутствующих у лесных насаждений. Как определили П. Кропов вместе с Г. Самойловичем, различные значения показателей по спектральной отражающей способности, показываемые разными участками насаждений, свидетельствуют о том, что у них могут присутствовать повреждения [14]. Касаются данные повреждения, в частности, лесного усыхания, а также поражения лесных насаждений разными организмами-вредителями.

Вследствие того что фотографическая съемка лесных насаждений, производимая посредством летательных аппаратов, с течением десятилетий стала проводиться все более часто и комплексно, создалась основа для составления карт лесов, находящихся по всей территории государства. Впрочем, уже к концу 1970-х гг. стало понятно, что методы аэрофотографирования уже не предоставляют возможности обновлять информацию о состоянии лесов с такой скоростью, с которой это требуется. Стало ясно, что решение проблемы нужно искать в принципиально иной плоскости. И это было сделано за счет широкого внедрения методов космической съемки лесных насаждений.

В ходе проведения полетов таких аппаратов, как «Восход», «Союз», а также «Восток», не были поставлены самостоятельные задачи, касающиеся проведения фотографической съемки земной поверхности. Такая задача начала ставиться только после 1969 г. [12].

Сегодня существует большое количество материалов, сформированных по итогам проведения космической съемки земных насаждений [6]. Специалистами, оказавшимися самыми успешными с точки зрения организации деятельности, посвященной использованию космической съемки в целях изучения актуального состояния окружающей среды, стали В. Кравцова, Ю. Книжников совместно с В. Николаевым.

В советском Гослесхозе ответственность за проведение деятельности, ориентированной на то, чтобы увеличивать степень распространения использования лесной техники в решении задач, касающихся проведения лесной фотосъемки, несли специалисты таких структур, как ВО «Леспроект», а также ЛенНИИЛХ. Для решения поставленных задач в 1972 г. в структуре ВО «Леспроект» были проведены организационно-штатные изменения, по итогам которых в качестве отдельного подразделения выделялась научно-исследовательская часть [8]. Первым руководителем соответствующего подразделения стал В. Сухих [11]. Специалисты, которые были включены в его штат, занялись деятельностью, сопряженной с нахождением дешифровочных свойств, присутствующих у снимков, сделанных посредством космических летательных аппаратов. По итогам проведенной ими работы было установлено, что требования, предъявляемые к материалам, получаемым по итогам проведения фотосъемок из космоса, всегда

являются разными с точки зрения их информативности. Специалистами В. Сухих и А. Исаев были составлены перечни задач, являющихся актуальными для области лесного хозяйствования (и которые могут быть эффективным образом разрешены за счет использования преимуществ, предоставляемых лесной фотосъемкой, проводимой с применением космических летательных аппаратов) [6].

Те мероприятия, которые проводятся с целью дешифровки данных, отражаемых на снимках, делаемых из космоса, в целом являются точно такими же, какие осуществляются для организации работы с аэроснимками. Те космические фотографические снимки, которые делались в первое время после внедрения данной практики, предоставляли лишь информацию обзорного характера. Степень их информативности была такой же, что у мелкомасштабных фотографических снимков, делаемых посредством летательных аппаратов.

Традиционные технологии и методы, которые применяются в такой специфической области, как инвентаризация зеленых насаждений, присутствующих в лесу, предполагают реализацию разнообразных процедур, проводимых в том числе без отрыва от земной поверхности. Данные процедуры являются длительными по времени, а также финансово затратными. Применение способов лазерной локации, предполагающих наличие интеграции с аэросъемкой цифрового типа, дает возможность сделать работы, проводимые в области инвентаризации зеленых лесных насаждений, менее трудоемкими, а также более эффективными [15].

Специалистами исследовательского учреждения ВНИАЛМИ была сформирована методика, касающаяся агролесомелиоративного картографирования территорий, применяемых в агрохозяйственных целях. Кроме того, благодаря достижениям данных специалистов удалось улучшить организацию работ, объектом которых выступали аэрокосмические сведения, полученные по итогам космической съемки агропромышленных территорий. В 1991 г. начали использоваться практически рекомендации, касающиеся применения аэрокосмического инструментария в сфере агролесомелиорации [8].

Сегодня существует несколько научных учреждений на территории Российской Федерации, которые заслужили безусловный авторитет в плане организации работ,

касающихся лесного картографирования с использованием космических фотографирующих инструментов. Находятся данные научные учреждения в Новосибирске, а также в Красноярске. Их специалисты ведут систематическую научную деятельность в данном направлении, начав осуществлять ее еще в начале 1970-х гг. [3].

Следует акцентировать внимание на том, что научные исследования, предпринятые такими специалистами, как Г. Господинов [9], Л. Богомолов [2], В. Андроников [8, 13], являются крайне значимыми с точки зрения формулирования общих методических рекомендаций, касающихся организации работ, объектом которых выступает аэрокосмическая информация.

Заключение

Таким образом, использование информационных технологий для обработки картографических и аэрокосмических данных позволяет объединить пространственный анализ, методы математического моделирования и компьютерного картографирования в единый процесс, тем самым в значительной степени повысить качество и адекватность картографической продукции.

Список литературы

1. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг многолетнего экологического тренда // Методы дистанционных исследований для решения природоведческих задач. Новосибирск, 1986. С. 107-114.
2. Савин И.Ю. Аэрокосмические методы в сельском и лесном хозяйстве: компьютерный практикум. М.: Изд-во РУДН, 2015. 112 с.
3. Вагизов М.Р., Истомин Е.П., Колбина О.Н., Яготинцева Н.В., Морщихина А.Е., Конжголадзе К.В. Разработка

интеллектуальной геоинформационной системы для отрасли лесного хозяйства // Геоинформатика. 2021. № 3. С. 4-13.

4. Замолодчиков Д.Г., Суховольский В.Г., Бартаев С.А., Лукина Н.В. Вклад академика А.С. Исаева в развитие лесной науки // Лесоведение. 2019. № 5. С. 323-340.

5. Золкин А.Л., Чистяков М.С., Сучков Д.К. Влияние цифрового сегмента реиндустриализации на аграрный сектор национальной экономической системы // Управленческий учет. 2021. № 5-2. С. 326-333.

6. Кошелев А.В. Дистанционная оценка и компьютерное картографирование защитных лесных насаждений Краснодарского края (в пределах Азово-Прикубанской низменности): автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. Волгоград, 2009. 23 с.

7. Черных А.И., Годовалов Г.А. Информационные технологии в лесном хозяйстве // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 85-89.

8. Поконов А.А. Использование современных информационных технологий в отечественной промышленности (на примере лесного комплекса Российской Федерации) // Инновации и инвестиции. 2018. № 12. С. 305-308.

9. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Suchkov D.K., Shamina S.V. Digital Development of Agrarian Production – Institutional Approach. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International science and technology conference “Earth science” (ISTC EarthScience-2022). 2022. P. 042070. DOI: 10.1088/1755-1315/988/4/042070.

10. Шинкаренко С.С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса (NDVI) // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1. С. 110-114.

11. Черных А.И., Годовалов Г.А. Информационные технологии в лесном хозяйстве // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 85-89.

12. Yang W., Kobayashi H., Suzuki R., Nasahara K.N. A Simple Method for Retrieving Understorey NDVI in Sparse Needleleaf Forests in Alaska Using MODIS BRDF Data. Remote Sensing. 2014. № 6 (12). P. 11936-11955.

13. Пилипко Е.Н. Геоинформационные системы в лесном деле: учебно-методическое пособие. Вологда: ИЦ ВГМХА, 2018. 104 с.

14. Чибисова И. С. Информационные технологии в лесном хозяйстве // Эпоха науки. 2019. № 19. С. 85-86.

15. Пахучий В.В. Ведение лесного хозяйства на базе ГИС: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2013. 56 с.