

УДК 629.78:330.322:658.58

Коммерческий потенциал спутниковой связи и дистанционного зондирования Земли на очень низких околоземных орбитах (VLEO)

Бадиков Григорий Александрович^(*)

badikovga@bmstu.ru

SPIN-код: 1234-1234

Костылев Илья Герасимович

kosiger@yandex.ru

SPIN-код: 5582-8790

Георгиев Александр Фёдорович

ageorgiev@bmstu.ru

SPIN-код: 5328-2651

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены коммерческие перспективы использования космических аппаратов на очень низких околоземных орбитах (VLEO). Проведен сравнительный анализ двух ключевых направлений: спутниковой связи и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). На основе анализа рыночных данных, бизнес-моделей и расчетов чистой приведенной стоимости (NPV) показано, что глобальные системы спутниковой связи на VLEO обладают более высоким коммерческим потенциалом и инвестиционной привлекательностью по сравнению с системами ДЗЗ. Сделаны выводы, что основным драйвером освоения VLEO являются проекты связи, в то время как сегмент ДЗЗ останется нишевым.

Ключевые слова: очень низкая околоземная орбита, VLEO, спутниковая связь, глобальная система спутниковой связи, ДЗЗ, коммерческий потенциал, NPV

Введение. VLEO — это орбиты, располагающиеся на высотах до 450 км. Они привлекают внимание как новая ресурсная область для коммерческого использования космоса [1]. Интерес обусловлен рядом преимуществ, такими как снижение задержки сигнала, улучшение энергетического бюджета канала и возможность достижения высокого пространственного разрешения для ДЗЗ [2, 3]. Однако эксплуатация на VLEO сопряжена с техническими вызовами, главным из которых является повышенное аэродинамическое сопротивление [4]. Целью работы является проведение сравнительного анализа коммерческого потенциала КА спутниковой связи и ДЗЗ, ориентированных на эксплуатацию на орбитах VLEO.

Методы и материалы; результаты. Анализ проведен на основе обзора современных проектов, рыночных данных и финансового моделирования с расчетом ключевых показателей эффективности, включая чистую приведенную стоимость (NPV). Объем мирового рынка спутниковой связи в 2023 г. оценивался в 89,55 млрд долл. с прогнозируемым среднегодовым темпом роста (CAGR) 10,2 % [5]. Расчеты на примере системы Thales Alenia Space показывают, что даже при консервативном тарифе 0,5 долл. за ГБ группировка из 2310 спутников демонстрирует рентабельность инвестиций (ROI) 82,6 % и внутреннюю норму доходности (IRR) 13,5 % за 10 лет. При тарифе 1 долл./ГБ

ROI превышает 265 %. Анализ NPV подтвердил окупаемость таких проектов за 2–3 года. В отличие от связи, рынок ДЗЗ фрагментирован и значительно меньше (5,40 млрд долл. в 2024 г. [6]), ориентирован на B2B/B2G сегменты и демонстрирует CAGR 8 %. Оценка инвестиционной привлекательности нишевого проекта ДЗЗ на примере миссии THOR с разрешением 15 см показала отрицательное значение NPV в течение 10-летнего горизонта и высокие требования к ежедневному объему продаж для достижения безубыточности.

Заключение. Проведенный анализ выявил различие в коммерческих перспективах. Сегмент спутниковой связи на VLEO, основанный на B2C модели с рекуррентной выручкой, обладает высоким инвестиционным потенциалом, коротким сроком окупаемости и устойчивым спросом. Напротив, коммерциализация группировок ДЗЗ на VLEO сталкивается с ограничениями из-за меньшего объема рынка, проектного характера выручки и высоких требований к монетизации. Таким образом, основным драйвером коммерческого освоения VLEO являются глобальные системы спутниковой связи, в то время как развитие ДЗЗ в этом сегменте будет носить нишевый характер.

Список источников

- [1] Livadiotti S., Crisp N.H., Roberts P.C., Worrall S.D. et al. A review of gas-surface interaction models for orbital aerodynamics applications. *Progress in Aerospace Sciences*, 2020, vol. 119. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2020.100675>
- [2] Berthoud L., Hills R., Bacon A., Havouzaris-Waller M. et al. Are Very Low Earth Orbit (VLEO) satellites a solution for tomorrow's telecommunication needs? *CEAS Space Journal*, 2022, vol. 14, pp. 609–623. <https://doi.org/10.1007/s12567-022-00437-0>
- [3] Roberts P.C.E. 1st Symposium of Very Low Earth Orbit Missions and Technologies. *CEAS Space Journal*, 2022, vol. 14, pp. 605–608. <https://doi.org/10.1007/s12567-022-00466-9>
- [4] Hild F., Traub C., Pfeiffer M., Beyer J. et al. Optimisation of satellite geometries in Very Low Earth Orbits for drag minimisation and lifetime extension. *Acta Astronautica*, 2022, vol. 201, pp. 340–352. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.09.032>
- [5] *Satellite Communications (SATCOM) Market Size and Forecast 2025 to 2034*. URL: <https://www.precedenceresearch.com/satellite-communications-market> (дата обращения 10.03.2012).
- [6] *Earth Observation Satellite Market*. URL: <https://www.reportprime.com/earth-observation-satellite-r16033> (дата обращения 10.03.2012).