

ОЦЕНКА ОБЪЕМА СПРОСА НАЦИОНАЛЬНОГО РЫНКА НА ИНФОРМАЦИЮ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Целью работы является анализ возможности реализации задач хозяйственной деятельности Украины с использованием данных дистанционного зондирования Земли с пространственным разрешением 5 м и более. Проведена оценка в стоимостном выражении объема потенциального национального рынка данных дистанционного зондирования Земли. При сравнении с подобными оценками, которые были получены авторами 15 лет назад, выявлена тенденция снижения общей стоимости работ по оценке состояния природной среды Украины. В основном это объясняется снижением стоимости космических снимков и возможностью бесплатного получения снимков от космических аппаратов "Січ-2-1", NOAA, TERRA, AQUA.

Метою роботи є аналіз можливості реалізації завдань господарської діяльності України з використанням даних дистанційного зондування Землі з просторовим розрізненням 5 м і більше. Проведено оцінку у вартісному вираженні обсягу потенційного національного ринку даних дистанційного зондування Землі. При порівнянні з подібними оцінками, які були отримані авторами 15 років тому, виявлена тенденція зниження загальної вартості робіт з оцінки стану природного середовища України. В основному це пояснюється зниженням вартості космічних знімків і можливістю безкоштовного отримання знімків від космічних апаратів "Січ-2-1", NOAA, TERRA, AQUA.

The work aim is to analyze the feasibility of the tasks of economic activities in Ukraine through the Earth remote sensing data with spatial resolution of 5 m and more. The potential of the national market of the Earth remote sensing data is assessed in the form of costs. When comparing similar assessments made by the authors back 15 years the trend of reducing the total cost of activities for assessing the state of the environment in Ukraine is demonstrated. Basically, this trend results from a decrease in costs of satellite images and the capability of making free satellite images from the Sich-2-1, NOAA, TERRA, AQUA spacecraft.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, рынок спроса на информацию, пространственное разрешение, диапазон частот.

В 1999 году были получены оценки объема спроса национального рынка на информацию дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с пространственным разрешением до 10 м [1]. Тогда были сделаны следующие выводы:

- национальный рынок спроса на услуги по дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) находится фактически в начальной стадии развития;
- не определены требования по точности и достоверности решения ряда задач, т. к. многие задачи по существу еще не формализованы;
- в дальнейшем, по мере совершенствования технических средств и технологий обработки данных ДЗЗ, требования потребителей будут изменяться и такие оценки должны систематически обновляться.

Что же изменилось за прошедшие 15 лет?

1) Повысились требования к пространственному разрешению снимков вплоть до 0,5 м. Это стало возможным с появлением гражданских космических аппаратов, обеспечивающих ныне разрешение до 40 см.

2) Сформированы требования по радиометрическому разрешению: для задач, решаемых приборами в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне – (0,1 – 0,2) %; для задач, решаемых в тепловом инфракрасном диапазоне – (0,1 – 0,2) К; для задач, решаемых радиолокаторами с синтезированной апертурой в микроволновом диапазоне – (0,1 – 1) дБ [2].

3) Обобщены требования WMO (Всемирной Метеорологической Организации), специалистов NOAA, NASA и других организаций к радиометрической точности и стабильности космической съемки [3] – радиометрическая точность должна быть в пределах (0,5 – 5,0) % и (0,1 – 1) К, а стабильность в пределах (0,1 – 1,0) % за десятилетие и (0,01 – 0,2) К за десятилетие в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, а также в тепловом инфракрасном диапа-

зоне соответственно.

4) В Украине появились коммерческие компании, торгующие космическими снимками от зарубежных космических аппаратов, а также программным обеспечением для обработки этих снимков: ТВІС [4], Pixel Solutions [5], "Иннотер-Украина" [6]. Анализ деятельности этих компаний позволяет констатировать, что данные ДЗЗ ими применяются, в основном, для разработки муниципальных и региональных геоинформационных систем (ГИС) с использованием космических снимков высокого разрешения и проведения учебных курсов по обработке космических снимков. То есть, в настоящее время национальный рынок спроса на услуги по ДЗЗ развивается на региональном уровне и по-прежнему находится фактически в начальной стадии развития.

В статье [7] делается вывод о практически полном отсутствии применения космической информации и технологий в практике и ближайших планах отраслевых министерств Украины (экологический мониторинг, сельское и лесное хозяйство, транспорт, телекоммуникации).

Тем не менее, данные ДЗЗ, обеспечиваемые Государственным космическим агентством Украины (ГКАУ) путем их приема в Центре приема и обработки специальной информации и контроля навигационного поля (г. Дунаевцы), могут и должны составлять основу информационного обеспечения для министерств и природоохранных ведомств, субъектов мониторинга окружающей среды, при прогнозировании и реагировании на чрезвычайные ситуации, выполнении государственных, ведомственных, региональных программ и положений [8 – 12]. Кроме этого, Украина является участником свыше 70 международных двусторонних и многосторонних соглашений и конвенций, выполнение которых требует использования информации относительно состояния окружающей природной среды [10].

Требования потребителей изменяются в зависимости от решаемых задач в соответствии с ростом возможностей современных КА. Так, еще в 1995 году распределение спроса на разрешающую способность снимков для решения задач природно-ресурсного и экологического мониторинга оценивалось следующим образом:

- разрешение менее 20 м – 14,10 %;
- разрешение 20 – 50 м – 82,30 %;
- разрешение 100 – 600 м – 3,50 %;
- разрешение больше 1 км (без учета спроса на метеорологическую информацию) – 0,02 %.

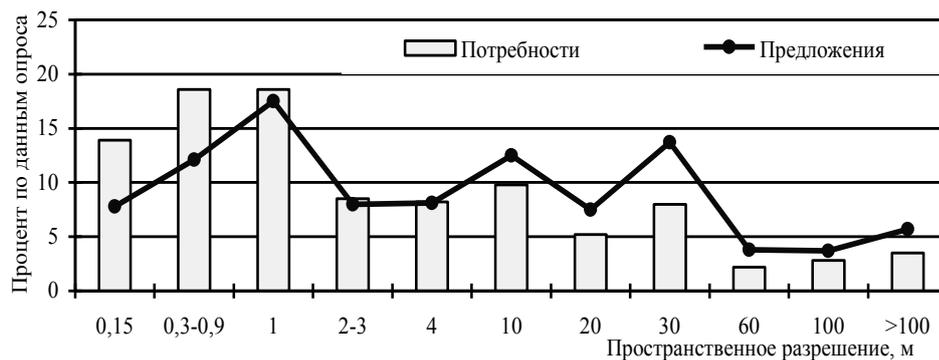


Рис. 1 – Потребности потенциальных потребителей данных ДЗЗ в космических снимках определенного пространственного разрешения

По данным [13], как видно из графика, приведенного на рис. 1, в 2002 году интерес потенциальных потребителей геопространственных данных в отношении пространственного разрешения космических снимков выглядел так: примерно 70 % потребителей удовлетворяет разрешение лучше 5 м, остальные примерно 30 % – могут обойтись данными ДЗЗ с разрешением 5 м и больше.

Аналізу рынка потребностей этих 30 % потребителей данных ДЗЗ с разрешением ≥ 5 м и посвящена эта работа. Снимки такого пространственного разрешения – это на сегодня основной источник данных для мониторинга природной среды. Спутники со съемочной аппаратурой, работающей в этом диапазоне пространственных разрешений, запускались и запускаются многими странами: США, Европейским Союзом, Францией, Индией, Россией и др., что обеспечивает постоянство и непрерывность наблюдения в ближайшие 20 лет [2].

Оценку потенциального объема рынка проведем исходя из пространственно-временных масштабов решаемых задач. Дело в том, что даже при неготовности потребителей к практическому использованию информации, обусловленной нынешними финансовыми, кадровыми, методическими и техническими проблемами, существует объективная необходимость сбора данных в достаточно полном объеме для формирования презентативного ряда наблюдений, обеспечивающего оценку и прогноз состояния природной среды с нужным качеством.

Геологическая служба США (U.S. Geological Survey) [14] разработала требования потребителей к космическим снимкам относительно параметров земной поверхности.

Представляет интерес проанализировать требования национальных потребителей, сравнить их с требованиями зарубежных организаций и на основании сравнительной оценки сформировать требования к космической информации не только по ее качеству, но и по объему. За основу требований национальных потребителей приняты данные [2, 3], а в качестве требований зарубежных потребителей – данные [14].

На основании сравнительной оценки в табл. 1 представлены перечень основных задач отраслей хозяйственной деятельности, решаемых с использованием существующих средств ДЗЗ с максимальным разрешением до 5 м, и требования к получаемой информации. Задачи, решаемые с использованием космической информации с разрешением лучше 5 м, требуют отдельного рассмотрения.

Перечень задач охватывает все ключевые направления, приведенные в [14], с учетом географического расположения Украины и актуальности задач.

В [15] для Украины в качестве наиболее важных задач, которые могут эффективно и экономично решаться с использованием информации ДЗЗ (кроме успешно действующего блока гидрометеорологических прогнозов), определены следующие задачи: обеспечение работы космического блока системы экологического мониторинга страны и отдельных регионов, прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур и пожаробезопасности лесов, поиски нефтегазовых месторождений, периодическая оценка городских агломераций (оползни, подтопления и т. д.) и качества земель (в процессе земельной реформы), изучение современных геодинамических процессов при реструктуризации угольных шахт и т. д. Эти задачи и сейчас являются актуальными, несмотря на то, что они были сформулированы в 2002 году.

Основные требования по качеству информации ДЗЗ в табл. 1 представлены необходимой разрешающей способностью аппаратуры ДЗЗ, точностью измерений и количеством каналов съемки в видимом, инфракрасном, миллиметровом и сантиметровом диапазонах спектра электромагнитных волн.

Основные требования по объему информации ДЗЗ в табл. 1 представлены необходимыми площадью и периодичностью наблюдений.

По требованиям к временным и пространственным параметрам данных ДЗЗ все задачи разделены на 4 группы:

I) неоперативные задачи, отличающиеся низкой периодичностью обновления информации (год и более);

II) задачи природно-ресурсного и экологического мониторинга, отличающиеся сравнительно высокими требованиями как по периодичности (до 1 суток), так и по разрешению (до 5 м);

III) задачи наблюдения за потенциально опасными техногенными и природными процессами и явлениями. Этим задачам присущи жесткие требования по пространственному разрешению (от 0,5 до 20 м), а также по оперативности и частоте наблюдений (единицы часов) за ограниченным числом объектов (~1 – 2 тысячи) с относительно небольшими площадями (до 10 км²);

IV) задачи метеорологического обеспечения, которым свойственны глобальный охват поверхности, высокая частота наблюдений (два раза в час с геостационарного спутника) и низкое пространственное разрешение (1 – 50 км).

Наблюдаемые территории по состоянию на 1.01.2012 составляют [16]:

– общая площадь Украины	603,5 тыс. км ² ;
– площадь сельскохозяйственных угодий (из них 309,3 тыс. км ² , или 74,5 % в частной собственности)	415,4 тыс. км ²
– площадь лесов	86 тыс. км ² ;
– площадь жилой и другой застройки	21 тыс. км ² ;
– площадь поверхностных вод (внутренние водоемы)	24 тыс. км ² ;
– площадь полностью утраченного слоя гумуса	0,68 тыс. км ² ;
– площадь оседания и сдвига над подземными выработками	2,4 тыс. км ² ;
– длина морских берегов с развитием абразии	1265 км;
– площадь Черного и Азовского морей	460 тыс. км ² .

Так как существующие космические средства ДЗЗ не удовлетворяют требованиям по оперативности наблюдений за потенциально опасными процессами и явлениями (см. табл. 1, задачи II), эти задачи в данной работе не рассматриваются.

Учитывая в основном некоммерческий характер метеорологических задач (см. табл. 1, задачи IV), количество и стоимость информации с этих спутников в данной работе не оценивается.

В связи с тем, что данные по микроволновой радиометрии с коммерческой точки зрения получить проблематично (они отсутствуют в прайс-листах фирм, торгующих космическими снимками), то они в расчетах не учитываются.

В табл. 2 представлено "поле" предложений спутниковой информации ДЗЗ до 2023 г., сформированное по параметрам "разрешающая способность" и "спектральные каналы" [17].

При выборе технических средств для обеспечения потребностей Украины в спутниковой информации ДЗЗ, с учетом ее стоимости, предпочтение отдается национальным системам наблюдения Земли с привлечением, при необходимости, других зарубежных спутников.

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что для решения задач I и II групп, с учетом освоенности и доступности информации, можно использовать информацию приборов МСУ (Сiч-2-1), AVHRR (NOAA), OLI (Landsat 8), SAR (Radarsat-2), MODIS (TERRA, AQUA).

Ориентировочный объем ежегодных съемок (в тыс. км²) аппаратурой МСУ, OLI, SAR для решения неоперативных задач приведен в табл. 3.

Задачи природно-ресурсного мониторинга имеют сезонный характер и, как правило, определяются фенологическими фазами развития растительности. Оптимальные режимы съемки для задач этого класса представлены в табл. 4.

Ориентировочный объем ежегодных съемок (в тыс. км²) аппаратурой МСУ, OLI, SAR, AVHRR, MODIS для решения задач природно-ресурсного и экологического мониторинга приведен в табл. 5, а исходные данные по стоимости спутниковой информации – в табл. 6.

Предполагается, что оперативность получения данных ДЗЗ удовлетворяет требованиям потребителей.

Общее количество ежегодных кадров, необходимых для решения задач I и II групп, и их стоимость приведены в табл. 7.

Ежегодные работы по ДЗЗ, перечисленные в табл. 3 и 5, будем рассматривать как коммерческие, зависящие от рыночной конъюнктуры.

Таблица 1 – Задачи отраслей хозяйственной деятельности и требования к космической информации

Задачи	Общая площадь наблюдения, тыс. км ²	Периодичность наблюдения	Ежегодная площадь наблюдения, тыс. км ²	Вид съемки, требуемое количество спектральных каналов (разрешение горизонтальное/вертикальное, м)				Точность измерений
				видимая (ВД)	инфракрасная (ИК)	микроволновая радиометрия (МР)	радиолокационная (РЛ)	
I Неоперативные задачи								
1.1 Создание картографической основы – государственный уровень	600	10 лет	60	1 (5 – 10)	–	–	1 (10)	0,1–0,5 % 0,5–1 дБ
1.2 Картирование берегов, отмелей, мелководных участков шельфа	2	1 год	2	5 (5 – 10)	1 (30)	–	–	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
1.3 Планирование землепользования: – государственный уровень	600	5 лет	120	4 (30)	–	–	1 (30)	0,1–0,5 % 0,5–1 дБ
1.4 Классификация урбанизированных территорий	21	5 лет	4	3 (5 – 10)	–	–	1 (10)	0,1–0,5 % 0,5–1 дБ
1.5 Инвентаризация лесных массивов и их фитосанитарное состояние	90	1 год	90	3 (5 – 10)	2 (30)	–	1 (10)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К
1.6 Составление почвенных карт, оценка эрозии и деградации почв: – государственный и региональный уровни – локальный уровень	415	5 лет	84	4 (30)	2 (30)	2 (60)	1 (30)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К
	0,7	1 месяц	9	3 (10)	2 (30)	2 (30)	1 (10)	0,5–1 дБ
1.7 Уточнение геологических карт	200	5 лет	40	4 (10 – 30)	2 (30)	–	1 (10 – 30)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ

Задачи	Общая площадь наблюдения, тыс. км ²	Периодичность наблюдения	Ежегодная площадь наблюдения, тыс. км ²	Вид съемки, требуемое количество спектральных каналов (разрешение горизонтальное/вертикальное, м)				Точность измерений
				видимая (ВД)	инфракрасная (ИК)	микроволновая радиометрия (МР)	радиолокационная (РЛ)	
1.8 Контроль тектонических структур (слежение за зонами сейсмической опасности)	7	1 год	7	1 (10)	–	–	1 (10)	до 15 % 0,5–1 дБ
1.9 Контроль потенциально опасных районов оседания и сдвига над подземными выработками	2,5	6 мес.	5	–	–	–	1 (10)	–
1.10 Информационное обеспечение картографическими материалами ГИС различного назначения, принадлежащих государственным структурам: – государственного уровня – регионального уровня	600	5 лет	120	3(10 – 50)	–	–	1 (30)	0,1–0,5 %
	25	3 года	8	3(5 – 10)	–	–	1 (10)	0,5–1 дБ
II Задачи природно-ресурсного и экологического мониторинга								
2.1 Определение температуры почвы: – государственный уровень – региональный и локальный уровни	420	7сут. за 4 мес.	5040	–	2 (1000)	–	–	0,1–0,2 К
	42	7сут. за 4 мес.	504	–	2 (30)	–	–	
2.2 Определение влажности почвы, контроль зон подтопления	420	7сут. за 6 мес.	5040	–	2 (30)	1 (100)	1 (300)	0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
2.3 Определение глубины (водного эквивалента) снега. Контроль динамики снежного и ледового покровов: – государственный уровень – региональный и локальный уровни	600	7сут. за 5 мес.	9600	1 (1000)	1 (1000)	1(10000)	–	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
	12	7сут. за 5 мес.	190	1 (30)	1 (30)	1 (1000)	1 (2500)	
2.4 Инвентаризация сельскохозяйственных культур	420	1 год	420	3 (5 – 10)	–	–	1 (30)	0,1–0,5 % 0,5–1 дБ
2.5 Статистические данные по сельскохозяйственным культурам	420	30 сут. за 4 мес.	1680	3 (5 – 10)	2 (30)	–	1 (30)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
2.6 Контроль вегетации растений, прогноз урожая	420	7 сут. за 5 мес.	6720	2 (500 – 1000)	1 (1000)	–	1 (2500)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
2.7 Контроль загрязнения атмосферы: – государственный уровень – региональный уровень	600	1 сутки	220000	5 (1000)	4 (1000)	–	–	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К
	600	3 суток	73200	5 (250)	4 (800)	–	–	
2.8 Контроль загрязнения поверхностных вод (внутренние водоемы)	24	7 суток за 9 мес.	860	5 (5 – 10)	4 (30)	4 (100)	1 (30)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
2.9 Контроль загрязнения суши (косвенно): – по состоянию снежного покрова – по состоянию растительного покрова	600	1 сут. за 5 мес.	7200	5 (200)	4 (800)	4 (300)	–	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К
	600	7 сут. за 5 мес.	1580	5 (200)	4 (300)	4 (300)	–	
2.10 Контроль загрязнения Чёрного и Азовского морей	460	10 сут.	17000	5 (300)	4 (100)	4 (500)	1 (2500)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
2.11 Контроль ледовой обстановки: – в Чёрном и Азовском море – в районе антарктической станции "Академик Вернадский"	70	7 сут. за 6 мес.	1700	1 (250)	1 (300)	1 (500)	1 (2500)	0,1–0,5 % 0,1–0,2 К 0,5–1 дБ
	50	7 сут. за 5 мес.	1200	1 (250)	2 (300)	2 (500)	1 (2500)	

Задачи	Общая площадь наблюдения, тыс. км ²	Периодичность наблюдения	Ежегодная площадь наблюдения, тыс. км ²	Вид съемки, требуемое количество спектральных каналов (разрешение горизонтальное/вертикальное, м)				Точность измерений
				видимая (ВД)	инфракрасная (ИК)	микроволновая радиометрия (МР)	радиолокационная (РЛ)	
2.12 Определение температуры поверхности Чёрного и Азовского морей	460	10 сут.	17000	–	2 (300–1000)	–	–	0,1–0,2 К
III Задачи наблюдения за потенциально опасными процессами и явлениями								
3.1 Контроль потенциально опасных техногенных источников теплового и химического загрязнения среды (атмосферы, земной и водной поверхностей)	–	3–6 час.	–	5 (10)	4 (10)	4 (20)	1(20)	–
3.2 Обнаружение и наблюдение стихийных бедствий и их последствий (пожары, наводнения, сели, лавины, землетрясения и др.)	–	12 час.	–	3 (5)	2 (10)	2 (20)	1 (20)	–
3.3 Контроль и оценка последствий аварий и катастроф	от 1х1 км до 1000х1000 км	–	3 (0,5–5)	–	–	–	–	–
IV Задачи метеорологического обеспечения								
4.1 Границы и размеры облачных атмосферных фронтальных зон	глобально	6 час	–	1 (2500)	2 (5000)	–	–	10%(баллы)
4.2 Зоны осадков и их интенсивность	глобально	6 час	–	1 (2500)	2(5000)	6(25000)	1(2500)	4 мм в час
4.3 Контроль зарождения и эволюции циклонов	глобально	6 час	–	–	–	–	1(2500)	–
4.4 Контроль состояния моря, выделение зон штормов	глобально	6 час	–	–	2(5000)	4(25000)	1(2500)	–
4.5 Скорость и направление приводного ветра	глобально	6 час	–	–	–	–	1(2500)	1 м/с, 10 °
4.6 Вертикальные профили температуры атмосферы	глобально	6 час	–	–	2(25000/1000)	–	–	1,5°
4.7 Вертикальные профили влажности атмосферы	глобально	6 час	–	–	3(50000/1000)	–	–	5% тропосфера, 20% стратосфера
4.8 Вертикальные профили и общее содержание аэрозоля	глобально	6 час	–	–	3 (500/1000)	–	–	10 %
4.9 Вертикальные профили и общее содержание озона	глобально	6 час	–	–	1(50000)	–	–	5 %
4.10 Влагосодержание облаков	глобально	6 час	–	–	3(25000/1000)	2(50000)	–	5 %
4.11 Радиационный баланс Земли	глобально	1 час	–	–	2(5000)	–	–	1 %
4.12 Давление на уровне моря	глобально	6 час	–	–	–	–	–	0,5 мбар
4.13 Температура верхнего слоя облачности	глобально	3 час	–	–	2 (5000)	3(100000)	–	1°
4.14 Температура морской поверхности	глобально	6 час	–	–	2 (1000)	3(50000)	–	0,1°
4.15 Температура поверхности суши	глобально	6 час	–	–	2 (1000)	–	–	0,5
4.16 Высота и направление волн	глобально	1 час	–	–	–	–	1 (10000–50000)	10 см, 10 °
4.17 Определение характеристик ледового и снежного покровов	глобально	1 сутки	–	–	2 (1000)	2(20000)	1(2500)	2% граница
4.18 Топография морской поверхности	глобально	5 суток	–	–	–	–	1 (10000)	3 см
Данные по точности измерений в метеорологии взяты из [18].								

Таблица 2 – Предложения спутниковой информации природно-ресурсного и экологического характера

Аппаратура	Космический аппарат	Разрешение, м	Диапазон электромагнитных волн - число каналов	Вид съемки	Год пуска КА	Время эксплуатации прибора													
						2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023				
OLI	Landsat-8	30	VNIR-5, SWIR-3	C3	2013														
OLI	Landsat-8	15	VNIR-1	П	2013														
TIRS	Landsat-8	100 (30)	TIR-1	C3	2013														
NAOMI	VNREDSat-1A	10	VIS-3, NIR-1	C3	2013														
MCC	Белка (БКА) № 1	12	VNIR - 3	C3	2012														
VIRS	Suomi NPP	400 – 800	VNIR-9, SWIR-8, TIR-4	C3	2011														
AVHRR/3	NOAA 19	1100	VNIR-3, SWIR-1, TIR-2	C3	2009														
SAR	Radarsat-2	8/25/30/50	C	П/Л	2007														
X-Band SAR	TerraSAR-X	16/40	X	П/Л	2007														
PCA	Кондор-Э	5 – 20	S	П/Л	2013														
SAR 2000	Cosmo-SkyMed-4	1 – 20	X	П/Л	2010														
SAR	RISAT-1	2 – 50	C	П/Л	2012														
NAOMI	Spot-7	8	VIS-2, NIR-1, SWIR-1	C3	2014														
БРЛК	Метеор-М серия	500	X	П/Л	2014														
БРЛК	Метеор-М серия	1000	X	П/Л	2014														
PALSAR	ALOS-2	3 – 100	L	П/Л	2014														
MSI	KaZEOsat-2	6,5	VIS-4, NIR-1	C3	2014														
X-Band SAR	TerraSAR-X 2	16/40	X	П/Л	2015														
SLSTR	Sentinel-3A (серия)	5 – 20	S	П/Л	2015														
MCC	Белка (БКА) № 2	10,5	VNIR-3	C3	2017														
SAR	Radarsat Constellation Mission (RCM)	3 – 100	C	П/Л	2018														
MCY	Сич-2-1	8	VNIR-4	C3	2018														

Аппаратура	Космический аппарат	Разрешение, м	Диапазон электромагнитных волн - число каналов	Вид съемки	Год пуска КА	Время эксплуатации прибора												
						2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023			
HISUI	ALOS-3	5	VIS-3, NIR-1	C3	2019													
HISUI	ALOS-3	30	VNIR-57, SWIR-128	ГС	2019													

Условные обозначения:

- VIS – видимый диапазон (0,4 – 0,75) мкм
- NIR – ближний инфракрасный (0,76 – 1,3) мкм
- VNIR – видимый + ближний инфракрасный (0,4 – 3,0) мкм
- SWIR – короткий инфракрасный (1,3 – 3,0) мкм
- MWIR – средний инфракрасный (3,0 – 6,0) мкм
- TIR – тепловой инфракрасный (6,0 – 15) мкм
- FIR – дальний инфракрасный (15 мкм – 0,1 см)
- MIC – микроволновый (0,1 – 100) см

Деление на диапазоны взято из [19].

П – панхроматическая съемка
СЗ – спектральная съемка
ГС – гиперспектральная съемка
РЛ – радиолокационная съемка

■ – действующие
○ – разрабатываемые

Таблица 3 – Ориентировочный объем ежегодных съемок для решения неоперативных задач

Задачи	Ориентировочный объем ежегодных съемок, тыс. км ² , для аппаратуры со следующими параметрами				
	PCA Radarsat-2	PCA Radarsat-2	МСУ Січ-2-1	ОЛІ (ИК) Landsat 8	ОЛІ (ВД) Landsat 8
	Разрешение поперек направления полета, м				
	8	30	8	30	30
	Размеры кадра, км				
	50 x 50	150 x 150	46 x 46	173 x 185	173 x 185
1 Создание картографической основы: государственный уровень	51	–	51	–	–
2 Картографирование берегов отмелей, мелководных участков шельфа	–	–	2	2	–
3 Планирование землепользования: государственный уровень	–	120	–	–	120
4 Классификация урбанизированных территорий	4	–	4	–	–
5 Инвентаризация лесных массивов и их фитосанитарное состояние	90	–	90	90	–
6 Составление почвенных карт, оценка эрозии и деградации почв:					
– государственный уровень	–	с задачей 3	–	84	с задачей 3
– локальный уровень	9	–	9	9	–
7 Уточнение геологических карт	с задачей 1	40		40	40
8 Контроль тектонических структур	–	7	7	–	–
9 Контроль потенциально опасных районов оседания и сдвига над подземными выработками	5	–	–	–	–
10 Информационное обеспечение картографическими материалами ГИС различного назначения, принадлежащих государственным структурам:					
– государственный уровень	–	с задачей 3	120	–	–
– региональный уровень	8	–	8	–	–
Всего, тыс. км ²	167	167	291	225	160
Итого кадров (с учетом 50 % перекрытия), шт.	100	11	206	11	5

Таблица 4 – Количество наблюдений по месяцам для задач природно-ресурсного и экологического мониторинга

Задачи	Количество наблюдений												всего	
	в месяц													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1 Температура почвы	–	–	4	4	–	–	–	–	4	4	–	–	–	16
2 Влажность почвы	–	–	–	4	4	4	4	4	4	–	–	–	–	24
3 Снежный и ледовый покров	4–30	4–30	4–30	–	–	–	–	–	–	–	4–30	4–30	20–150	
4 Контроль вегетации растений, прогноз урожая	–	–	–	–	4	4	4	4	4	–	–	–	20	
5 Загрязнение атмосферы	ежесуточно в течение года													
6 Загрязнение поверхностных вод (внутренние водоемы)	–	–	4	4	4	4	4	4	4	4	4	–	36	
7 Загрязнение суши: – снежного покрова – растительности	4–30	4–30	4–30	–	–	–	–	–	–	–	4–30	4–30	20–150	
8 Загрязнение морей	1 раз в 10 суток в течение года													
9 Ледовая обстановка на морях	4	4	4	–	–	–	–	–	–	–	4	4	20	
10 Температура морской поверхности	1 раз в 10 суток в течение года													

Таблица 5 – Ориентировочный объем ежегодных съемок для решения задач природно-ресурсного и экологического мониторинга

Задачи	Ориентировочный объем ежегодных съемок, тыс. км ² , для аппаратуры со следующими параметрами							
	РСА, Radarsat-2	OLI (ВД), Landsat 8	МСУ, Січ-2-1	MODIS, TERRA	БРЛК, Метеор	БРЛК, Метеор	AVHRR, NOAA	OLI (ИК), Landsat 8
	Разрешение поперек направления полета, м							
	30	30	8	ВД – 250 ИК – 1000	500	1000	ВД – 1100; ИК – 1100	30
	Размеры кадра, км							
150 x 150	173 x 185	46 x 46	2300 x 2300	600 x 600	600 x 600	3000 x 3000	173 x 185	
1	Определение температуры почвы: – государственный уровень – региональный и локальный уровни	– –	– –	– –	– –	– –	6720 ИК –	– 670
2	Определение влажности почвы, контроль зон подтопления	–	–	–	10080	–	–	10080
3	Определение глубины (водного эквивалента) снега. Контроль динамики снежного и ледового покровов: – государственный уровень – региональный и локальный уровни	– –	– 240	– –	– –	12000 –	12000 ВД 12000 ИК	– 240
4	Инвентаризация сельскохозяйственных культур	с задачей 5	–	с задачей 5	–	–	–	–
5	Статистические данные по сельскохозяйственным культурам	2100	–	2100	–	–	–	2100
6	Контроль вегетации растений, прогноз урожая	–	–	–	8400 ВД	–	8400 ИК	–
7	Контроль загрязнения атмосферы: – государственный уровень – региональный уровень	– –	– –	– –	219000 ИК 72600 ВД	– –	219000 ВД 72600 ИК	– –
8	Контроль загрязнения поверхностных вод (внутренние водоемы)	860	–	860	–	–	–	860
9	Контроль загрязнения суши (косвенно): – по состоянию снежного покрова – по состоянию растительности	– –	– –	– –	90000 ВД 12000 ВД	– –	90000 ИК 12000 ИК	– –
10	Контроль загрязнения Черного и Азовского морей	–	–	–	23920 ВД	–	23920	23920 ИК

Задачи	Ориентировочный объем ежегодных съемок, тыс. км ² , для аппаратуры со следующими параметрами							
	PCA, Radarsat-2	OLI (ВД), Landsat 8	МСУ, Січ-2-1	MODIS, TERRA	БРЛК, Метеор	БРЛК, Метеор	AVHRR, NOAA	OLI (ИК), Landsat 8
	Разрешение поперек направления полета, м							
	30	30	8	ВД – 250 ИК – 1000	500	1000	ВД – 1100; ИК – 1100	30
	Размеры кадра, км							
150 x 150	173 x 185	46 x 46	2300 x 2300	600 x 600	600 x 600	3000 x 3000	173 x 185	
11 Контроль ледо- вой обстановки: – в Черном и Азовском морях; – в районе стан- ции "Академик Вернадский"	–	–	–	с задачей 10	–	с задачей 10	с задачей 10	–
	–	–	–	1400 ВД	–	1400	–	–
12 Определение температуры поверхности Черного и Азов- ского морей	–	–	–	с задачей 10	–	–	с задачей 10	–
Всего, тыс. км ²	2960	240	2960	427320	10080	37320	456640	13950
Итого кадров (с учетом 50 % перекрытия), шт.	197	11	2098	121	42	156	76	654

Таблица 6 – Исходные данные по техническим характеристикам аппаратуры и стоимости спутниковой информации

Аппара- тура	Космичес- кий аппарат	Спектральные каналы, мкм (кол. каналов)	Разрешение (поперек направления полета), м	Размеры сюжета в кадре (поперек x вдоль направления полета), км x км	Стоимость кадра, долл. США, [источник инфор- мации]
МСУ	Січ-2-1	0,51 – 0,59 0,61 – 0,68 0,69 – 0,79 0,80 – 0,89	8	46 x 46	бесплатно
MODIS	TERRA, AQUA	0,62 – 0,88 (2 кан.) 0,46 – 2,16 (5 кан.) 0,41 – 14,39 (29 кан.)	250 500 1000	2300x2300	бесплатно [20]
OLI	Landsat 8	0,50 – 0,68	15	173 x 185	1190 [21]
		0,433 – 0,453 0,450 – 0,515 0,525 – 0,600 0,630 – 0,680 0,845 – 0,885 1,560 – 1,660 1,360 – 1,390 2,100 – 2,300	30		
		10,60 – 11,19 11,50 – 12,51	100 (30)*		
AVHRR	NOAA	0,58 – 0,68 0,75 – 1,1 1,58 – 1,64 3,55 – 3,93 10,3 – 11,3 11,5 – 12,5	1100	2400 x 2400	бесплатно [20]
SAR	Radarsat-2	(1)	8 30	50 x 50 150 x 150	3575 [22] 2025 [22]
БРЛК	Метеор-М	(1)	500 1000	600 x 600 600 x 600	95 85 [экспертная оценка]

* Разрешение в тепловых каналах улучшается с 100 м до 30 м в отпускаемой потребителям продукции

Таблица 7 – Общее количество ежегодных кадров, необходимых для решения задач I и II групп, и их стоимость

Аппаратура	Космический аппарат	Разрешение, м	Количество кадров	Стоимость одного кадра, долл.	Суммарная стоимость, тыс. долл.
SAR	Radarsat-2	8 РЛ	100	3575	357,5
SAR	Radarsat-2	30 РЛ	208	2025	421,9
БРЛК	Meteop-M	500 РЛ	42	85	3,6
БРЛК	Meteop-M	1000 РЛ	156	95	14,8
МСУ	Січ-2-1	8 ВД	2304	бесплатно	
OLI	Landsat 8	30 ВД	16	1190	19,3
OLI	Landsat 8	30 ИК	665	1190	791,1
AVHRR	NOAA	1100 ВД, ИК	76	бесплатно	
MODIS	TERRA, AQUA	250 ВД, 1000 ИК	121	бесплатно	
ИТОГО					~ 1608

Данная работа является продолжением оценки объема рынка данных ДЗЗ в Украине за прошедшие 15 лет со времени проведения первой такой оценки в 1999 году.

В работе рассмотрены, в основном, задачи, решаемые с использованием данных ДЗЗ с разрешением 5 м и более. Задачи, требующие от космических средств пространственного разрешения лучше 5 м, являются предметом отдельной статьи.

В дальнейшем, по мере совершенствования технических средств и технологий обработки данных ДЗЗ, требования потребителей будут изменяться и такие оценки должны систематически обновляться.

Выводы

Анализ возможности реализации задач хозяйственной деятельности Украины с использованием данных дистанционного зондирования Земли с пространственным разрешением 5 м и более, а так же сравнительная оценка объема рынка данных ДЗЗ в Украине за прошедшие 15 лет показали следующее.

За это время появились дистрибьюторы по продажам космических снимков от зарубежных космических аппаратов: компании ТВИС, Pixel Solutions, "Иннотер-Украина" и др. Эти компании, в основном, занимаются поставками космических снимков и программного обеспечения по их обработке для геоинформационных систем локального и регионального уровня;

По-прежнему космические снимки не составляют основу информационного обеспечения для министерств и природоохранных ведомств, субъектов мониторинга окружающей среды, при прогнозировании и реагировании на чрезвычайные ситуации, выполнении государственных, ведомственных, региональных программ и положений.

Общая стоимость работ по обеспечению оценки и прогноза состояния природной среды Украины с нужным качеством с 1999 года по 2014 уменьшилась почти в шесть раз: с 10 до 1,6 млн. долларов США. Это объясняется, в основном, снижением стоимости космических снимков и возможностью бесплатного получения снимков от космических аппаратов "Січ-2-1", NOAA, TERRA, AQUA.

1. Оценка объёма спроса национального рынка на информацию дистанционного зондирования Земли / *В. Н. Астапенко, Е. И. Бушуев, В. П. Зубко, П. П. Хорольский* // *Космична наука і технологія*. – 1999. – Т. 5, № 4. – С. 31 – 40.
2. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. – Москва, ФКА, 2006 – 72 с. – Режим доступа www.gisa.ru/file/file766.doc.
3. Обеспечение радиометрической совместимости оптических данных наблюдения Земли в рамках Глобальной системы наблюдения Земли GEOSS / *А. С. Панфилов, А. А. Бурдакин, В. С. Иванов и др.* // *Исследование Земли из космоса*. – 2010. – № 5. – С. 87 – 94.
4. Сайт компании TVIS / Компанія ТВІС – перший в Україні супермаркет супутникових знімків. – Режим доступа <http://www.tvis.com.ua>.
5. Сайт компании Pixel Solutions. – Режим доступа <http://www.pixelsolutions.com.ua>.
6. Геоинформационное агентство "Иннотер" сообщает об открытии своего филиала в Украине. – Режим доступа <http://aa-magellan.com.ua/news/24-gia-innoter-soobschaet-ob-otkrytii-svoego-filiala-v-ukraine.html>.
7. *Федоров О. П.* Космическая деятельность Украины: подходы к созданию стратегии / *О. П. Федоров, Л. Н. Колос* // *Космична наука і технологія*. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 3 – 11.
8. Загальнодержавна програма охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2001, N 28, ст.135).
9. Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води (Відомості Верховної Ради (ВВР), 1997, № 41, ст. 279, 1997, № 42).
10. Державна цільова екологічна програма проведення моніторингу навколишнього природного середовища (Постанова Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2007 р. № 1376).
11. Державна цільова екологічна програма розвитку Криму ("Екологічно безпечний Крим") на 2011 – 2015 роки (Постанова Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. № 539).
12. Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України на 2000 – 2015 роки (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2000, № 47, ст. 405).
13. Прогноз развития рынка ДДЗ на ближайшие 10 лет www.gisa.ru/file/file174.doc.
14. National Land Imaging Requirements (NLIR) Pilot Project Summary Report —Summary of Moderate Resolution Imaging User Requirements <http://pubs.usgs.gov/of/2014/1107/pdf/ofr2014-1107.pdf>
15. *Лялько В. І.* Стан і перспективи розвитку аерокосмічних досліджень Землі в Україні / *В. І. Лялько* // *Космична наука і технологія*. – 2002. – Т. 8, № 2/3. – С. 29 – 35.
16. Національна доповідь про стан навколишнього середовища України в 2012 році (Міністерство екології та природних ресурсів України). <http://www.menr.gov.ua/index.php/dopovidi>.
17. Catalogue of satellite missions http://www.eohandbook.com/eohb05/ceos/part3_3.html.
18. Требования Госкомгидромета Украины к космической информации (исх. К-2/148 от 9.02.98 г.).
19. CEOS EO HANDBOOK – CATALOGUE OF SATELLITE INSTRUMENTS http://www.eohandbook.com/eohb2008/earth_sat_instruments.html
20. Получение космических снимков по сети Интернет <http://geo.web.ru/db/msg.html>
21. Price List for the Remotely Sensed Data Processing <http://www.scanex.ru/en/data/default.asp?submenu=processing&id=prices>.
22. Космические снимки Radarsat-2 - Геопрофиль <http://internetgeo.ru/innoter/radarsat2>.

Институт технической механики
 Национальной академии наук Украины и
 Государственного космического агентства Украины,
 Днепропетровск

Получено 12.10.2015,
 в окончательном варианте 02.03.2016