

А.Г. САИДОВ, О.В. ГРИГОРЬЕВА, А.В. ПАНИН  
**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМОСЪЕМКИ**

---

*Саидов А.Г., Григорьева О.В., Панин А.В.* **Интегральная оценка негативных воздействий техногенных объектов на окружающую среду с использованием материалов аэрокосмосъемки.**

**Аннотация.** Проведен анализ возможности использования данных аэрокосмосъемки в задаче определения интегрального воздействия техногенного объекта на окружающую среду. Предложен метод формирования количественной интегральной оценки такого воздействия. Представлены результаты апробации интегральной оценки.

**Ключевые слова:** данные дистанционного зондирования, интегральная оценка, оценка негативных воздействий, техногенные объекты, экологическая безопасность.

*Saidov A.G., Grigoreva O.V., Panin A.V.* **Integral estimation of negative impacts of technogenic objects in the environment using airborne data.**

**Abstract.** The possibility of using space imagery data into the problem of determining the integral effects of technogenic objects in the environment. A method of forming an integrated quantitative estimation of the impacts. The results of the testing of the integrated estimator.

**Keywords:** airborne data, environmental safety, estimation of negative impacts, integrated estimation, technogenic objects.

---

**1. Введение.** В районе расположения крупных хозяйствующих субъектов характерно многофакторное воздействие на экосистему. В этом случае возникает проблема учета всех факторов воздействия, которая формализуется в виде научно-технической задачи формирования комплексной оценки техногенного воздействия на окружающую среду и рассматривается в данной статье. Для решения указанной задачи был проведен анализ информационных возможностей аэрокосмических данных для выявления основных проявлений факторов негативного воздействия хозяйствующих субъектов на ландшафт, а также анализ аналитических методов диагностирования окружающей среды (ОС).

**2. Методы решения задач и практические результаты.** Существующие подходы комплексной оценки [1–5] рассматривают лишь некоторые частные задачи по некоторым выборочным компонентам ОС. Кроме того большинство подходов требуют получения большого количества исходных данных, что приводит к значительным временным затратам как на их получение, так и на их обработку. Причем получение исходных данных ориентировано на использование контактных методов. Существенные ограничения для

применения методик, использующих контактный способ получения исходной информации, связаны, в том числе, с оцениванием больших по площади, протяженных и труднодоступных районов. Поэтому актуальной является разработка оценки интегрального воздействия техногенного объекта на окружающую среду (оценки ИВТООС), позволяющей оперативно получать информацию для значительных по площади или протяженности объектов, независимо от их доступности, за счет привлечения авиационной и космической съемки.

Материалы аэрокосмосъемки позволяют получить информацию о поверхности Земли, которая включает в себя водные объекты, растительность, почвы-грунты, а также приземный слой атмосферы. На основании такого подхода к интегральной оценке воздействия техногенного объекта на окружающую среду был сформирован перечень основных негативных воздействий (НВ), регистрируемых по материалам аэрокосмосъемки сверхвысокого пространственного разрешения (таблица 1). При этом перечень НВ был сгруппирован по компонентам ОС, на которые оказывается воздействие (водные объекты, растительность, почвы-грунты и приземный слой атмосферы).

В большинстве случаев материалы аэрокосмосъемки позволяют выявлять границы НВ на ОС, тем самым определить площадь воздействия. Однако сама площадь не может являться результирующим показателем НВ на ОС, поскольку эти воздействия должны быть оценены и с экономической точки зрения.

Экономическая оценка НВ на ОС производится на основе учета предотвращенного экологического ущерба. Следовательно, количественно оценить негативные воздействия на ОС при интегральной оценке возможно на основании учета площади и относимому к нему предотвращенному экологическому ущербу по каждому компоненту. Для этого вводится показатель удельного ущерба, который представляет собой рассчитанный предотвращенный экологический ущерб на единицу площади в границах НВ. Показатель удельного ущерба рассчитывался на основании нормативно-правовых документов в области природопользования: для водных объектов [6–7]; для растительности [8–12]; для атмосферы [9], [12–15]; для почвы-грунтов [16].

Таблица 1. **Выявляемые по материалам аэрокосмосъемки негативные воздействия и соответствующие им нормированные коэффициенты**

№ п.п.	Тип выявляемого негативного воздействия	Нормированный коэффициент $k_{ji}$
1.	Водные объекты ( $i = 1$ )	$j = 1 \div 7$
1.1	Загрязнение взвешенными веществами	0,03
1.2	Загрязнение сточными водами	0,34
1.3	Загрязнение промышленными и бытовыми отходами (плавающий мусор)	0,03
1.4	Загрязнение металлоломом	0,32
1.5	Загрязнение нефтепродуктами	0,26
1.6	Тепловое загрязнение водных объектов	0,01
1.7	Эвтрофикация, развитие сине-зеленых водорослей	0,01
2.	Растительность ( $i = 2$ )	$j = 1 \div 5$
2.1	Вырубки лесных массивов	0,36
2.2	Гибель леса вследствие подтопления леса	0,18
2.3	Некроз, хлороз, усыхание растительности	0,18
2.4	Возгорание лесных массивов	0,27
2.5	Скопление порубочных остатков	0,01
3.	Почво-грунты ( $i = 3$ )	$j = 1 \div 9$
3.1	Загрязнение нефтепродуктами	0,36
3.2	Образование несанкционированных свалок различного морфологического состава	0,03
3.3	Деградация почво-грунтов вследствие сброса сточных вод (сброс на рельеф местности)	0,30
3.4	Открытое складирование сыпучих материалов (песок, уголь, щебень и т.п.)	0,01
3.5	Разработка несанкционированных карьеров	0,23
3.6	Механическое нарушение почво-грунтов, нерекультивируемые участки почво-грунтов	0,04
3.7	Эрозия, развитие овражности, дефляция	0,01
3.8	Засоление	0,01
3.9	Подтопление территорий	0,01
4.	Атмосфера ( $i = 4$ )	$j = 1 \div 2$
4.1	Возгорание на свалках	0,55
4.2	Пожары в лесах и торфяниках	0,45

С целью соотнесения между собой значений показателей ущерба, обусловленных различными видами НВ, для каждого компонента

среды производится нормировка показателей ущерба в пределах конкретного компонента:

$$\sum_{j=1}^p k_{ij} = 1, \quad k_{ij} > 0, \quad (\forall i = 1 \div n), \quad (1)$$

где  $k_{ij}$  — значение нормированного коэффициента  $j$ -го негативного воздействия на  $i$ -ый компонент ОС (таблица 1);  $p$  — количество НВ, выявляемых по материалам аэрокосмосъемки в пределах  $i$ -го компонента;  $n$  — количество рассматриваемых компонентов ОС.

При этом если значение коэффициента при нормировке оказывалось меньше 0,01 — для него принималось значение 0,01 и проводилась перенормировка коэффициентов, т. е. мы ограничились чувствительностью коэффициентов к его минимальному изменению в 1%.

Общую оценку воздействия на конкретный компонент ОС будем рассматривать как сумму приведенных площадей негативных воздействий, согласно формуле (2):

$$m_i = \sum_{j=1}^{p(i)} k_{ij} \cdot S_{ij}, \quad (2)$$

где  $m_i$  — сумма приведенных площадей негативных воздействий на  $i$ -ый компонент ОС;  $S_{ij}$  — значение, численно равное площади  $j$ -го НВ на  $i$ -ый компонент ОС;  $S_{ij} \cdot k_{ij}$  — приведенная площадь НВ.

Оценка по всем рассматриваемым компонентам ОС дает вектор-столбец FE, который представляет собой покомпонентную оценку НВ на ОС (3):

$$FE = \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \dots \\ m_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{11} \cdot S_{11} + k_{12} \cdot S_{12} + \dots + k_{1j} \cdot S_{1p(1)} \\ k_{21} \cdot S_{21} + k_{22} \cdot S_{22} + \dots + k_{2j} \cdot S_{2p(2)} \\ \dots \\ k_{i1} \cdot S_{i1} + k_{i2} \cdot S_{i2} + \dots + k_{ij} \cdot S_{ip(i)} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где  $p(i)$  — количество НВ в пределах  $i$ -го компонента ОС.

В нашем случае, при рассмотрении четырех компонентов ОС и соответствующих им НВ, представленных в таблице 1, вектор столбец FE можно записать в следующем виде (4):

$$FE = \begin{pmatrix} k_{11} \cdot S_{11} + k_{12} \cdot S_{12} + \dots + k_{17} \cdot S_{17} \\ k_{21} \cdot S_{21} + k_{22} \cdot S_{22} + \dots + k_{25} \cdot S_{25} \\ k_{31} \cdot S_{31} + k_{32} \cdot S_{32} + \dots + k_{39} \cdot S_{39} \\ k_{41} \cdot S_{41} + k_{42} \cdot S_{42} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где  $k_{11}...k_{17}$ ,  $k_{21}...k_{25}$ ,  $k_{31}...k_{39}$ ,  $k_{41}$  и  $k_{42}$  — нормированные коэффициенты, характеризующие негативное воздействие на соответствующие компоненты ОС, согласно таблице 1.

Для оценки интегрального воздействия техногенного объекта на окружающую среду сведем покомпонентную оценку к единому показателю, используя диаграммный метод, который применяется нами в следующем виде:

- 1) выбирается число осей, соответствующее количеству анализируемых компонентов;
- 2) оси располагаются на плоскости под одинаковыми углами друг к другу;
- 3) на каждой  $i$ -ой оси откладывается значение численно равное значению  $m_i$ ;
- 4) соединяем все точки  $m_i$  между собой и вычисляем обобщенную площадь ( $S_M$ ) образовавшейся фигуры, которая и представляет количественную оценку ИВТООС.

В нашем случае для  $i=4$  получена фигура, представленная на рис 1.

При анализе ситуации, когда  $i \neq 4$ , фигура будет отличаться от приведенной на рисунке 1. Частным (и особенным) случаем является ситуация, когда  $i=2$ . В этом случае геометрическая площадь фигуры вырождается в прямую, т. к. оси располагаются под углом  $180^\circ$  друг к другу. В этом случае за обобщенную площадь, а именно величину ИВТООС, принимается сумма приведенных площадей двух рассматриваемых компонентов ОС. Ситуация для случая  $i=1$  не рассматривается предлагаемым методом расчета ИВТООС (хотя разумеется он возможен), т. к. рассмотрение и анализ НВ на один компонент ОС не является интегральным.

Расчет обобщенной площади диаграммы определяется как сумма площадей всех треугольников, составляющих данную диаграмму и имеющих общую вершину в точке пересечения осей. В каждом конкретном случае эта площадь определяется по элементарным формулам для площади треугольника.

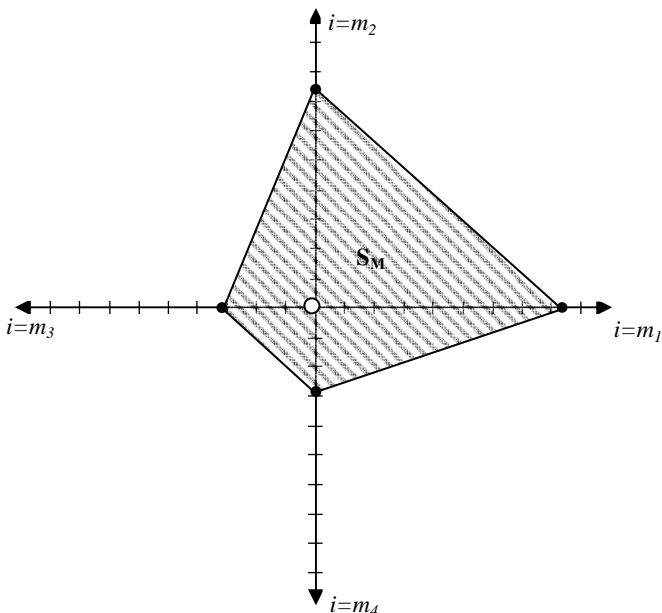


Рис. 1. Использование диаграммного метода для оценки ИВТООС на примере анализа четырех компонентов ОС.

При использовании введенного параметра ИВТООС при оценке региона может возникнуть ситуация, когда ИВТООС для одной и другой рассматриваемых областей оказывается одинаковым, но если его отнести к рассматриваемой площади области, которые могут существенно различаться, то эти величины могут быть не равны между собой. Это позволило ввести удельную величину ИВТООС, которая представляет собой отношение ИВТООС к площади рассматриваемого региона, дифференцировав одинаковые значения ИВТООС для двух регионов. Однако ни ИВТООС, ни удельный показатель ИВТООС не характеризуют компактность или равномерность распределения очагов НВ по площади рассматриваемого региона с целью выявления наиболее проблемных зон. Для этого вводится показатель плотности расположения НВ, который определяется как отношение площади границ НВ, ко всей анализируемой площади. При компактном расположении НВ на площади, эта величина будет меньше, чем при распределении НВ по всей анализируемой площади.

Количественная оценка ИВТООС по предлагаемой методике экспериментально апробировалась для группы техногенных объектов, расположенных в Приозерском районе Ленинградской области по результатам летно-экспериментальных работ. В исследованиях был задействован комплекс аэросъемочной аппаратуры, регистрирующей данные в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. По результатам обработки полученных данных был идентифицирован достаточно большой перечень негативных факторов, к которым относятся: участки деградации растительности в районе подпора грунтовых вод; несанкционированных вырубок; образования несанкционированных свалок; механического нарушения плодородного слоя почвы; загрязнения нефтепродуктами и взвешенными веществами водных объектов, сточными водами; эвтрофикация водных объектов. Выявление контуров негативного распространения воздействий на поверхность ландшафта осуществлялось в соответствии с алгоритмами, основанными на процедурах распознавания образов и восстановления параметров природных объектов по интенсивности уходящего и регистрируемого дистанционной аппаратурой излучения [17–20]. Обработка осуществлялась в автоматизированном режиме с использованием специальных программных комплексов с представлением информации в геоинформационной системе. Пример представления в результатов в ГИС приведен на рис/ 2.

Результаты анализа (табл. 2), позволили определить компонент ОС, на который оказывается наиболее неблагоприятное воздействие: для 1 техногенного объекта (рис. 2) это растительность; для 2 техногенного объекта (рис. 3) это почвы-грунты. Сравнительный анализ двух ТО позволил утверждать, что 2 ТО оказывает более значительное НВ на ОС по сравнению с первым, об этом свидетельствует как ИВТООС, так и удельный показатель ИВТООС.

Время, затраченное на формирование конечной оценки ИВТООС, при наличии необходимых данных, составило 7 часов (включая время, затраченное на тематическую обработку данных) и свидетельствует о высокой оперативности получения результата.

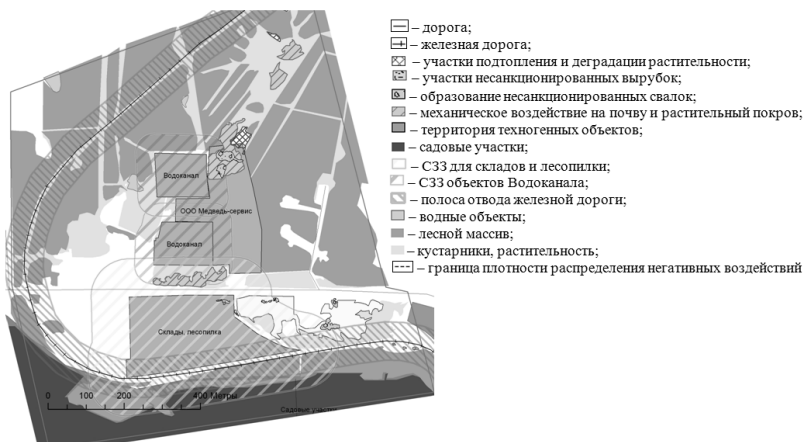


Рис. 2. Результаты анализа воздействия ТО на ОС в геоинформационной системе.

Таблица 2. Результаты апробации методики ИВТООС с использованием ГИС для 2 групп техногенных объектов в Ленинградской области в 2011 году

Наименование показателя	1 ТО	2 ТО	3 ТО
Сумма приведенных площадей негативных воздействий на водные объекты, ед.	0	243,60	294,10
Сумма приведенных площадей негативных воздействий на растительность, ед.	2160,31	174,60	0
Сумма приведенных площадей негативных воздействий на почвы-грунты, ед.	748,76	5984,89	430,87
Обобщенная площадь (ИВТООС), ед.	2909,06	12548,20	724,97
Площадь оценки, м <sup>2</sup>	956 850	1 648 900	973 090
Плотность расположения НВ	0,41	0,19	0,14
Удельная оценка ИВТООС, ед./м <sup>2</sup>	0,00304	0,00761	0,00075

**3. Заключение.** Разработан метод, позволяющий за счет привлечения данных аэрокосмосъемки, получать интегральную оценку для больших территорий с учетом различных факторов воздействия на компоненты ОС. Реализация метода позволила получить следующие результаты для исследуемых территорий:



- 1) определить объект, наиболее подверженный НВ;
- 2) ранжировать территории по степени негативного воздействия;
- 3) спланировать мероприятия для улучшения экологической обстановки;
- 4) акцентировать внимание на зоны наименее устойчивого развития.

Таким образом, для оценки интегрального воздействия техногенного объекта на окружающую среду, предлагается использовать три показателя (величина ИВТООС, удельная величина ИВТООС, плотность расположения НВ), которые наиболее полно и оперативно могут характеризовать рассматриваемый регион и позволяют сравнивать его с другими регионами или судить об изменениях, происходящих за определённый период в рассматриваемом регионе.

Целесообразно продолжить исследования в задаче наращивания перечня выявляемых НВ, разработки методики их автоматизированного обнаружения по данным дистанционного зондирования и отработки предложенного подхода на других техногенных объектах имеющих различные формы воздействия.

### **Литература**

1. *Буренков Э.К., Гинзбург Л.Н., Грибанова Н.К., Зангиева Т.Д. и др.* Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей природной среды // ИМГРЭ, ЗАО «РИФТ», М.: Прима-Пресс, 1997.
2. *Смолянинов В.М., Русинов П.С., Панков Д.Н.* Комплексная оценка антропогенного воздействия на природную среду при обосновании природоохранных мероприятий / изд. Воронежского госагроуниверситета, Воронеж, 1996.
3. *Кузнецов В.И.* Возможность проведения прикладной комплексной оценки экологического состояния территории города // Комплексная экологическая оценка. СПб, 1994.
4. Комплексная оценка экологической ситуации большого города (концептуальный документ). Фонд НИИ Атмосфера, 1993.
5. *Алексеев В.В., Куракина Н.И., Желтов Е.В.* ГИС комплексной оценки состояния окружающей природной среды // ArcReview #1 (40) Совместное издание ООО Дата+, ESRI, Inc. и Leica Geosystem, М.: 2007, С. 16–17.
6. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, приказ №87 от 13 апреля 2009 г.
7. *Бахарев В.И.* Проблемы экологического состояния окружающей среды прибрежных районов Мурманской области: «Анализ проблемы ликвидации брошенных и затопленных судов в прибрежных районах Мурманской области как объектов экологической и навигационной опасности (на примере Кольского

залива)» // Экологический фонд «Гармоничное развитие», Всемирный фонд дикой природы (WWF), Мурманск, 2005.

8. Постановление об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства от 8 мая 2007 г. № 273.
9. Инструкция по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами, утверждена приказом Рослесхоза от 3 апреля 1998 года № 53.
10. Постановление от 6 мая 2008 г. № 363 о внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 22 мая 2007 г. № 310.
11. Сайт официального представительства Ленинградской области <http://www.lenobl.ru/economics/ecology>, 2010.
12. Основные показатели охраны окружающей среды, Федеральная служба государственной статистики, статистический бюллетень, М.: 2009.
13. Временные рекомендации по расчету выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания на полигонах твердых бытовых отходов и размера предъявляемого иска за загрязнение атмосферного воздуха, утверждены Министерством Экологии и природных ресурсов Российской Федерации 2 ноября 1992 г.
14. Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками №410 от 1 июля 2005, утверждены Постановлением Правительства РФ №344 от 12 июня 2003 г., с изм. внесенными Постановлением Правительства РФ №7 от 8 января 2009 г.
15. Правила безопасности морской перевозки лесных грузов РД 31.11.21.01–97, утверждены приказом Минтранса РФ №94 от 13 августа 1997 г.
16. Методика оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв, утверждена постановлением Правительства Москвы № 589-ПП от 22 июля 2008 г.
17. *Бровкина О.В., Скорописов Д.Ю.* Мониторинг свалок твердых бытовых и промышленных отходов (на примере территории Кронштадского района г. Санкт-Петербург) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей. Том 9. Номер 1. М.: ООО «ДоМира», 2012. С. 153–155.
18. *Григорьева О.В., Саидов А.Г., Панин А.В.* Индикатор состояния почво-грунтов в районах обращения нефти и нефтепродуктов, полученный неконтактными средствами наблюдений // Экология и промышленность России, 2010. С. 50–53.
19. *Григорьева О.В., Шилин Б.В.* Опыт оценки экологических характеристик акваторий морских портов по данным видеоспектральной аэросъемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей. Том 9. Номер 1. М.: ООО «ДоМира», 2012. С. 156–166.
20. *Григорьева О.В., Жуков Д.В. и др.* Использование гиперспектральной съемки в диапазоне 0,4–2,5 мкм для идентификации участков деградации лесов в районе подтопления и аэрогенного загрязнения территорий // Сборник тезисов докладов научно-технической конференции «Гиперспектральные приборы и технологии», г. Красногорск, 2013. С. 125–127.

**Саидов Алишер Голибович** — аспирант кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Петербургского государственного университета путей сообщения. Область научных интересов: автоматизация тематической обработки, геоинформационные системы и технологии, тематическая обработка данных

дистанционного зондирования. Число научных публикаций — 13. [mysnow@mail.ru](mailto:mysnow@mail.ru); ПГУПС, Московский пр. 9, Санкт-Петербург, 190031, РФ.

**Saidov Alisher Golibovich** — Ph.D. student, Petersburg State Transport University. Research interests: automation thematic processing, GIS, thematic processing of remote sensing data. The number of publications — 13. [mysnow@mail.ru](mailto:mysnow@mail.ru); PSTU, 9 Moskovsky pr., St.Petersburg, 190031, Russia.

**Григорьева Ольга Викторовна** — к.т.н.; старший преподаватель кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Петербургского государственного университета путей сообщения. Область научных интересов: аэрокосмические данные, геоинформационные системы, методы анализа данных аэрокосмосъемки, теория распознавания образов, закономерности изменения отражательно-излучательных характеристик объектов ландшафта от их физико-химических свойств. Число публикаций — 35. [alenka12003@mail.ru](mailto:alenka12003@mail.ru); ПГУПС, Московский пр. 9, Санкт-Петербург, 190031, РФ.

**Grigoreva Olga Victorovna** — Ph.D.; senior lecturer, Petersburg State Transport University. Research interests: airborne data, emission characteristics of landscape objects of their physico-chemical properties, GIS, methods of analysis of airborne data, patterns of change in reflectance, theory of pattern recognition. The number of publications — 35. [alenka12003@mail.ru](mailto:alenka12003@mail.ru); PSTU, 9 Moskovsky pr., St.Petersburg, 190031, Russia.

**Панин Александр Васильевич** — д.т.н.; профессор кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» Петербургского государственного университета путей сообщения. Область научных интересов: методы анализа сложных систем в применении к проблемам экологии, моделирование экологических процессов, синергетика. Число публикаций — 120. [1945alex1974@mail.ru](mailto:1945alex1974@mail.ru); ПГУПС, Московский пр. 9, Санкт-Петербург, 190031, РФ; р.т. +7(812)5707685.

**Panin Alexander Vasilevich** — Ph.D., Dc.Sci.; Prof., Petersburg State Transport University. Research interests: complex systems analysis techniques as applied to environmental problems, modeling of environmental processes, synergetics. The number of publications — 120. [1945alex1974@mail.ru](mailto:1945alex1974@mail.ru); PSTU, 9 Moskovsky pr., Saint-Petersburg, 190031, Russia; office phone +7(812)5707685.

Рекомендовано лабораторией информационных технологий в системном анализе и моделировании, заместитель директора по научной работе Соколов Б.В., д.т.н., проф.

Статья поступила в редакцию 12.09.2013.

## РЕФЕРАТ

### *Саидов А.Г., Григорьева О.В., Панин А.В.* **Интегральная оценка негативных воздействий техногенных объектов на окружающую среду с использованием материалов аэрокосмосъемки.**

В данной статье рассматривается способ использования данных аэрокосмосъемки для количественной оценки негативных воздействий вызванных деятельностью техногенных объектов, на окружающую среду.

Техногенные объекты, как правило, оказывают антропогенные нагрузки на различные компоненты окружающей среды (ОС), таким образом, возникает проблема учета всех факторов воздействия. Был проведен анализ существующих подходов комплексной оценки и установлен ряд недостатков, связанных с необходимостью получения большого количества исходных данных и значительных временных затрат.

Разработан метод количественной интегральной оценки воздействия техногенного объекта на ОС по материалам аэрокосмосъемки. Для этого был сформирован перечень выявляемых по материалам аэрокосмосъемки негативных воздействий (НВ) по каждому компоненту ОС (водные объекты, растительность, почвы-грунты, атмосфера). Введен показатель удельного ущерба, который представляет собой рассчитанный предотвращенный экологический ущерб на единицу площади в границах НВ. Показатели удельного ущерба были нормированы в пределах компонентов ОС, к которым они относятся. Тогда сумма произведений выявленных площадей на нормированные коэффициенты показателей удельного ущерба будет представлять собой приведенную площадь на компонент ОС. Конечная количественная оценка вычисляется с использованием диаграммного метода, где число осей соответствует количеству анализируемых компонентов.

Предложено использовать три показателя (количественная интегральная оценка, удельная интегральная оценка и плотность распределения НВ), которые позволяют оперативно и полно характеризовать рассматриваемый регион, сравнивать его с другими регионами или судить об изменениях при разновременном анализе.

Разработанный метод экспериментально апробировался для группы техногенных объектов, расположенных в Приозерском районе Ленинградской области. В исследованиях был задействован комплекс аэросъемочной аппаратуры, регистрирующей данные в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. По результатам обработки полученных данных был идентифицирован достаточно большой перечень НВ и определены значения количественного интегрального воздействия ТО на ОС, которые позволили определить объект, наиболее подверженный НВ, ранжировать территории по степени негативного воздействия, акцентировать внимание на зоны наименее устойчивого развития.

## SUMMARY

### *Saidov A.G., Grigoreva O.V., Panin A.V.* **Integral estimation of negative impacts of technogenic objects in the environment using airborne data.**

This article discusses how to use an airborne data to quantify the negative impacts caused by the activities of technogenic objects in the environment.

Technogenic objects have anthropogenic pressures on the various components of the environment, so there is a problem taking into account all factors of influence. Has been reviewed existing approaches of integrated estimation.

Developed method of the integral estimation of the impact of technogenic object on environment. This method based on the airborne data. Has been revealed a list of detecting negative impacts for each component of the environment (water objects, vegetation, soils, atmosphere). Introduced specific indicators. Indicators are calculated prevented environmental damage per unit area within the boundaries of influence. Specific indicators were normalized. Then the sum of the products identified areas in the normalized coefficients specific indicators will be a reduced area of the analyzed components. The final quantification is calculated using the diagram method, where the number corresponds to the number of axes of the analyzed components.

Proposed to use three indicators (quantitative integral evaluation, specific integral estimation and density of negative impacts), which allows rapid and full consideration to characterize the region, compared with other regions, or to identify the changes over time.

The developed method is experimentally tested for a group of technogenic objects located in Priozersk district of Leningrad region. The research used a complex aerial equipment. Data were obtained in the visible and infrared spectrum.

After processing of the data has been identified a list of negative impacts. Values have been estimated quantitatively. These result enabled us to identify an object, the most adversely impacted and allowed the territory to rank the degree of adverse effects. These results are also to focus on the area of the least sustainable development.