

УДК 629.735

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ АВИАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н.И. НИКОЛАЙКИН, Е.Ю. СТАРКОВ

В статье предлагается рассматривать возникающие при авиационных событиях антропогенно-аварийные зоны как геотехнические системы. Приводятся классификационные признаки основных уровней таких систем и характерные примеры транспортных объектов, на которых происходят такие авиационные события. Предлагается иерархия уровней систем, образующихся в виде экстремальных экологических зон. Оценивается вред авиационного события, наносимый окружающей среде. Обосновывается актуальность повышения безопасности полетов как важного метода снижения негативного воздействия на окружающую среду на воздушном транспорте.

Ключевые слова: авиационное событие, окружающая среда, геотехническая система, экологическая опасность, воздушный транспорт.

В Российской Федерации транспорт занимает важное место среди отраслей экономики страны, являясь при этом одной из базовых отраслей экономики. Огромная территория является одной из особенностей нашего государства, и транспортная отрасль выполняет функцию связующего звена в объединении всех регионов, транспорт – необходимое условие территориальной целостности России. Другой важной функцией является обеспечение внешнеэкономических связей с внешним миром. Выгодное географическое положение позволяет РФ получать значительные доходы от экспорта транспортных услуг, в том числе от осуществления транзитных перевозок по своим коммуникациям [1].

Развитие ГА активно идет во всех направлениях, преимущества воздушного транспорта неоспоримы и практически недостижимы для других видов транспорта. С каждым годом ГА, являясь наиболее высокотехнологичной отраслью транспорта, наращивает свою деятельность, и постепенно по многим показателям выходит на первые места в транспортной системе страны. Тем не менее, в деятельности ГА возможны сбои в виде нештатных и чрезвычайных ситуаций, которые выражаются в возникающих (в соответствии с терминологией «Правил расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в РФ») авиационных событиях (АС) разного рода. Поэтому исключительно важную роль в деятельности ГА занимает обеспечение безопасности полетов (БП), а упомянутые выше АС в фундаментальной работе последних лет [3] классифицированы и справедливо названы как негативные авиационные события.

Сегодня традиционное восприятие термина «безопасность полетов» расширилось настолько, что одна из основных концепций его понимания интерпретирует безопасность полётов как недопущение потерь в результате АС в виде человеческих жертв и/или нанесения ущерба имуществу и окружающей среде (ОС). Тем не менее происходящие в отрасли аварии, катастрофы и тому подобные события сопровождаются определённым загрязнением (ОС) [3; 4].

Одной из основных особенностей негативного воздействия на ОС при АС и сопряженных с ними событий является аварийно-залповый характер происходящего, т.е. полная неопределенность времени и места таких событий, а также объемов и интенсивности воздействия [1]. Воздействие на ОС зависит от многочисленных разнообразных факторов и его состав прежде всего (рис. 1) подразделяется на следующие два вида:

- экологический ущерб непосредственно от самого авиационного события (прямые экологически негативные последствия АС);
- экологический ущерб от событий, сопряженных с авиационным событием (косвенные негативные экологические последствия АС).



Рис. 1. Классификация видов негативных экологических последствий при АС

На месте и во время АС соответствующие экологические системы модифицируются в некие новые антропогенно-аварийные зоны – территории, в пределах которых уровень воздействия на ОС негативных факторов, вызванных АС, значительно превышает допустимые значения. Для дальнейшего анализа экологических последствий АС предлагается использовать теорию физико-химических систем (ФХС) и теорию геотехнических систем (ГТС), примененную в [6; 7] для обоснования методологии управления экобезопасностью транспортных узлов.

Физико-химическая система (ФХС) – *m*-фазовая, *n*-фазовая сплошная среда, распределенная в пространстве и переменная во времени. При наличии источника или стока в каждой точке гомогенной среды и на границе фаз происходит перенос вещества и энергии. Геотехническая система (ГТС) – открытая система, в которой промышленный (транспортный или любой иной производственный) объект обменивается энергией с окружающей средой. Совокупность природных объектов и технических сооружений, находящихся в тесной взаимосвязи и взаимодействии за счет обмена веществ, энергии и информации.

Процессы передачи массы, энергии и информации в ГТС подчиняются тем же общим закономерностям, что и в искусственно созданных физико-химических системах (ФХС). В работе [8] природная подсистема в ГТС рассматривалась как некий химический реактор с распределёнными параметрами, в котором протекают процессы, направленные на нейтрализацию материальной и энергетической техногенной нагрузки.

Применительно к промышленным (прежде всего к химическим) предприятиям в СССР в 1980 гг. была разработана иерархическая классификация ФХС и ГТС, которая в 2000 гг. была модифицирована применительно к любым транспортным предприятиям [6] по характеру их взаимодействия с окружающей средой и по степени трансформации природного вещества, энергии, информации с различным уровнем (масштабом) охвата. Далее это позволило перейти к разработке теоретических основ контроля и регулирования экологической безопасности в гражданской авиации [9] с учетом полного жизненного цикла деятельности эксплуатационных авиапредприятий и организаций ГА [10].

Классифицирование группы анализируемых событий по каким-либо признакам является одним из начальных этапов любой работы по созданию системы предотвращения или сокращения негативных последствий реализации соответствующих опасностей. Оно применяется в любых сферах обеспечения безопасности, в том числе и на транспорте, например, [11]. В данной работе предлагается на базе предложенных ранее промышленно-транспортных вариантов классификаций создать и использовать далее в практической деятельности отрасли новую преобразованную иерархию ФХС и ГТС, образующихся при авиационных происшествиях.

В табл. 1 приведены характерные примеры объектов транспорта, на которых могут происходить АС, а также иерархия уровней систем, образующихся в виде экстремальных антропогенно-аварийных зон.

Для оценки воздействия на ОС в антропогенно-аварийных ГТС и последующих сравнений различных случаев между собой целесообразно пользоваться каким-либо комплексным показателем. Из большого числа таких показателей (часто называемых экоиными индикаторами), предложенных за последние десятилетия и применяемых в разнообразных ситуациях, по мнению авторов данной работы, заслуживает справедливого внимания комплексный показатель экологического экспресс-контроля воздействия на ОС - $I_{ГА}$ [12]. Этот показатель был успешно использован для выявления, анализа и рейтингового распределения источников загрязнения при теоретическом обосновании принципов управления деятельностью узлов авиатранспортных предприятий в стабильных условиях [6].

Для анализа антропогенно-аварийных ГТС, формирующихся в результате АС, показатель $I_{ГА}$ следует несколько дополнить, и изменить его обозначение на $I_{АС}$. Тогда комплексный показатель экологического воздействия АС, формирующего антропогенно-аварийные ГТС, будет рассчитываться следующим образом

$$I_{AC} = \sum_k NI_k, \quad (1)$$

где NI – негативное воздействие на ОС; k – виды негативного воздействия или ингредиенты загрязнения.

Как и ранее [6; 12], показатель I_{AC} предлагается измерять в относительных единицах – единицах негативного воздействия (ЕНВ), соответствующих величине воздействия на ОС, равной ущербу, наносимому тонной монооксида углерода (СО), выброшенного в атмосферу.

Таблица 1

Примеры транспортных объектов и иерархия антропогенно-аварийных зон

Примеры объектов, на которых могут происходить АС	Характерные негативные экологические последствия АС, формирующие экстремальные ФХС и ГТС
1-й уровень	
Двигатели на углеводородном топливе (реактивный; газотурбинный; внутреннего сгорания); двигатели устройств механизации; системы управления; блоки электропитания; аккумуляторы; системы и блоки обработки и передачи информации; бытовые устройства и приборы и др.	Перегрев, выход из строя и даже пожар, требующие ремонта и(или) замены. Необходимость замены транспортного средства, задержки рейса или его отмены. Необходимость дополнительного обслуживания пассажиров (питания, размещения для проживания) или хранения грузов (перегрузка, складское хранение в спец. условиях)
2-й уровень	
Транспортное средство, удовлетворяющее потребности людей в авиатранспортной услуге: воздушное судно; автомобиль	Выход из строя, утилизация авиатехники, пожары, ремонт и (или) замена транспортного средства на новое. Задержки рейсов или их отмена. Поиск места падения, спасание, расследование. Обслуживание дополнительного потока людей
3-й уровень	
Авиакомпания, аэропорт, автотранспортная организация	Разрушение авиатехники и наземных построек, пожары, уничтожение части экосистем в процессах поиска места падения, спасания, расследования, вывоза с территории собранных материалов и обломков техники. Ремонтно-восстановительные работы. Перенаправление пассажиропотоков в другие узлы (из-за возможного закрытия аэродрома). Обслуживание дополнительного потока людей
4-й уровень	
Узел АТП вокруг аэродрома-аэропорта с несколькими авиакомпаниями, топливозаправочным комплексом, автозаправочными станциями, аэровокзалом, грузовым терминалом, стоянками и пунктами обслуживания личного и общественного автотранспорта, станцией железной дороги, предприятиями общественного питания, другими организациями	НАС с последующей цепью событий, которые могут привести к негативному воздействию на объекты и на ОС всего узла АТП вероятно только для очень малых (по территории) узлов. Для средних и больших узлов антропогенно-экстремальные ФХС и ГТС негативное воздействие возможно только для части территории. Основное негативное воздействие на ОС связано с пожарами, ремонтно-восстановительными работами, с перенаправлением пассажиропотоков в другие узлы (из-за закрытия аэродрома), обслуживанием дополнительного потока людей
5-й уровень	
Крупный населённый пункт, мегаполис, в котором потребности людей в перевозке обеспечиваются: воздушными судами на большие и сверхбольшие расстояния; поездами – на средние; автомобилями – на малые расстояния	Вероятность НАС, даже с последующей цепью негативных событий на земле, которые могут привести к столь масштабным событиям негативного воздействия на ОС, можно считать нулевой

Для описания и оценки воздействия АС на среду, окружающую место происшествия, предлагается использовать метод, основанный на балансовой оценке входящих и исходящих потоков вещества и энергии на всех стадиях АС и работ, сопряженных с этим событием.

Видами негативного воздействия NI служат любые варианты загрязнения, показанные на рис. 2 и сгруппированные в следующие группы: выбросы в атмосферу, сбросы в природные водоемы, попадание в литосферу твердых и концентрированных жидких отходов, разное физическое воздействие (шум, электро-магнитные, ионизирующие, тепловые излучения, вибрация)

$$NI^{общ} = NI^{атм} + NI^{гидр} + NI^{лит} + NI^{физ} . \quad (2)$$

Экологическую оценку воздействия АС на ОС можно провести с использованием коэффициентов и показателей, законодательно установленных в действующих отечественных природоохранных нормах и правилах, которые предъявляются к обеспечению экологической безопасности организаций.

Так, для любого одного вида негативного воздействия (загрязнения), которое поступило в ОС при АС и сопутствующих событий в конкретном месте, его размер NI представляем как

$$NI = M_{з.в.} \times H \times \kappa_{э.с.} \times \kappa_{доп.ф.} \times \kappa_{доп.м.} , \quad (3)$$

где M – масса вещества или количество энергии, объем информации, поступивших в ОС (г, Дж, бит) в результате и за время АС непосредственно, а также в результате и за время сопутствующих событий; H – показатель относительной негативности воздействия, равный количеству выброшенного монооксида углерода, которое оказывает такое же воздействие на биосферу, как одна тонна данного ингредиента загрязнения, усл. т/т (усл. т/Дж, усл. т/бит); $\kappa_{э.с.}$ – коэффициент экологической ситуации; $\kappa_{доп.ф.}$ – дополнительный коэффициент фоновой загрязненности атмосферы в городе или вне его; $\kappa_{доп.м.}$ – дополнительный коэффициент особо охраняемых природных территорий или обычных территорий соответственно ($\tau = 1,2$ или 1).

В целом для веществ, поступивших в ОС, расчетная формула видоизменяется таким образом, что для каждого из $NI^{атм}$, $NI^{гидр}$, $NI^{лит}$ следует провести анализ всех конкретных веществ, сброшенных в гидросферу, выброшенных в атмосферу, размещенных в виде отхода. При анализе воздействия на атмосферу необходимо учитывать особенности конкретного экономического района, на территории которого произошло АС, а также природоохранную значимость (особо охраняемая или обычная) территории. При анализе воздействия на природные водоёмы (на гидросферу) следует принять во внимание экологическое состояние всех водных объектов, которые подверглись воздействию вредных веществ при АС.

Дополнительно следует отметить, что при оценке экологических потерь от воздействия АС на каждый объект биосферы следует учитывать все виды влияния, отраженные на рис. 1, а также издержки от восстановления техники [13] и понесённый экономический ущерб.

Результатом детального анализа, выполненного по изложенной выше схеме, будет величина ущерба ОС от загрязнения при АС. При необходимости и достаточности укрупненной оценки возможно использовать менее детальный подход, предложенный в работе [14] для случая автотранспортных происшествий. В таком случае учитываются такие показатели, как: уровень загрязнения земель – $Vp_з$; уровень загрязнения водных объектов – $Vp_{во}$; уровень загрязнения атмосферного воздуха – $Vp_{ав}$; уровень повреждения или уничтожения зеленых насаждений – $Vp_{зн}$. Расчёт величины вреда окружающей среде проводится по зависимости

$$Vp_{ОС} = Vp_з + Vp_B + Vp_a + Vp_{зн} . \quad (4)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Матягина А.М. *Промышленная экология. Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта*. М.: Академкнига, 2006. 240 с.

2. *Основные показатели работы гражданской авиации России за 2012-2014 гг.* / Министерство транспорта РФ / Федеральное агентство воздушного транспорта (ФАВТ). [Электронный ресурс]. URL: http://www.favt.ru/favt_new/?q=dejatelnost/vozdushnye_perevozki/osnovnye_proizvodstvennye_pokazateli_ga (дата обращения 19.02.2015).
3. **Зубков Б.В., Прозоров С.Е.** *Безопасность полётов*: учебник / под ред. Б.В. Зубкова. Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2013. 451 с.
4. **Николайкин Н.И., Старков Е.Ю.** Актуальность изучения влияния авиационных происшествий на окружающую среду // *Международная науч.-практич. конф. «Актуальные вопросы развития науки»: сб. статей.* Уфа, 2014. С. 125-132.
5. *Безопасность полетов летательных аппаратов* / под ред. В.С. Иванова. М.: Военный авиационный технический университет, 2002. 369 с.
6. **Николайкин Н.И.** *Управление экологической безопасностью промышленно-транспортных и энергетических узлов*: монография. М.: МГУИЭ, 2007. 256 с.
7. **Nikolaikin N.I., Barzilovich E.Yu., Nikolaikina N.E.** Optimal Control of the Effects from Industrial Transportation on the Environment // *Chemical and Petroleum Engineering*. Vol.42, Nos. 5-6, May-June, 2006. Pp. 40-44.
8. **Балабеков О.С., Воробьев О.Г., Шакиров Б.С.** Генезис, классификация и экологическая оптимизация физико-химических систем // *Вестник НАН РК*. 1993. №3. С. 40-43.
9. **Николайкин Н.И.** Регулирование состояния антропогенно-изменённых экосистем вокруг комплексов авиапредприятий в жизненном цикле авиаперевозок // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2010. № 162. С. 22-29.
10. **Николайкин Н.И.** Экологическая оценка полного жизненного цикла деятельности эксплуатационных авиапредприятий гражданской авиации // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2006. № 108. С. 73-79.
11. **Елисов Л.Н., Овчаренко Н.И.** К вопросу структурного моделирования субъектов транспортной безопасности // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2013. № 197. С. 58-62.
12. **Nikolaykin N.I., Matyagina A.M., Smirnova Yu. V.** A method of Ecological Estimation for Man-made Chemical and Greenhouse Gas Pollution // *Chemical and Petroleum Engineering*, Vol. 43, Nos. 9-10, 2007. Pp. 612-616.
13. **Nikolaykin N.I.** Method for Determining the Optimum Time for Preventative Substitution of Replaceable Components of Ecological and Biological Technology // *Chemical and Petroleum Engineering*, Vol. 43, Nos. 7-8, 2007. Pp. 494-496.
14. **Трофименко Ю.В., Воронцов Ю.М., Трофименко К.Ю.** *Утилизация автомобилей*: монография. М.: АКПРЕСС, 2011. 336 с.

ASSESSMENT OF AVIATION EVENTS ECOLOGICAL DANGER ON AIR TRANSPORT

Nikolaykin N.I., Starkov E.Yu.

The article offers to consider the anthropogenous and emergency zones arising as a result of aviation events as geotechnical systems. It also gives classification signs of basic main levels of such systems and typical examples of transport objects on which such aviation events take place. The article offers the hierarchy of the system levels, existing in the formed as extreme ecological zones. The harm caused by aviation event to environment, is estimated. The actuality of increasing the negative effect on the environment on the air transport is being proved.

Keywords: aviation event, environment, geotechnical system, ecological danger, air transport.

REFERENCES

1. **Nikolaikina N.E., Nikolaikin N.I., Matyagina A.M.** *Promyshlennaja jekologija. Inzhenernaja zashhita biosfery ot vozdejstvija vozdušnogo transporta*. М.: Akademkniga, 2006. 240 p. (In Russian).
2. *Osnovnye pokazateli raboty grazhdanskoj aviacii Rossii za 2012-2014 gg.* Ministerstvo transporta RF. Federal'noe agentstvo vozdušnogo transporta (FAVT). URL: http://www.favt.ru/favt_new/?q=dejatelnost/vozdushnye_perevozki/osnovnye_proizvodstvennye_pokazateli_ga. (date of use 19.02.2015). (In Russian).
3. **Zubkov B.V., Prozorov S.E.** *Bezopasnost' poljotov*: uchebnik. Pod red. B.V. Zubkova. Ul'janovsk: UVAU GA(I). 2013. 451 p. (In Russian).
4. **Nikolaikin N.I., Starkov E.Yu.** Aktual'nost' izuchenija vlijanija aviacionnyh proisshestvij na okruzhajushhuju sredu. *Mezhdunarodnaja nauch.-praktich. konf. «Aktual'nye voprosy razvitija nauki»: sb. statej.* Ufa. 2014. Pp. 125-132. (In Russian).
5. *Bezopasnost' poletov letatel'nyh apparatov*. Pod red. V.S. Ivanova. М.: Voennyj aviacionnyj tehničeskij universitet 2002. 369 p. (In Russian).
6. **Nikolaikin N.I.** *Upravlenie jekologičeskoj bezopasnost'ju promyšlennno-transportnyh i jenergetičeskijh uzlov*: monografija. М.: MGUIE. 2007. 256 p. (In Russian).
7. **Nikolaikin N.I., Barzilovich E.Yu., Nikolaikina N.E.** Optimal Control of the Effects from Industrial Transportation on the Environment. *Chemical and Petroleum Engineering*. Vol.42, Nos. 5-6, May-June, 2006. P. 332-338.

8. **Balabekov O.S., Vorobev O.G., Shakirov B.S.** Genesis, klassifikacija i jekologičeskaja optimizacija fiziko-himicheskijh system. *Vestnik NAN RK*. 1993. №3. Pp. 40-43. (In Russian).
9. **Nikolaikin N.I.** Regulirovanie sostojanija antropogenno-izmenjonnyh jekosistem vokrug kompleksov aviapredpri-jatij v zhiznennom cikle aviaperevozok. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. 2010. № 162. Pp. 22-29. (In Russian).
10. **Nikolaikin N.I.** Jekologičeskaja ocenka polnogo zhiznennogo cikla dejatel'nosti jekspluatacionnyh aviapredpri-jatij grazhdanskoj aviacii. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. 2006. № 108. Pp. 73-79. (In Russian).
11. **Elisov L.N., Ovchenkov N.I.** K voprosu strukturnogo modelirovanija sub#ektov transportnoj bezopasnosti. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. 2013. № 197. Pp. 58-62. (In Russian).
12. **Nikolaykin N.I., Matyagina A.M., Smirnova Yu.V.** A method of Ecological Estimation for Man-made Chemical and Greenhouse Gas Pollution. *Chemical and Petroleum Engineering*. Vol. 43. Nos. 9-10. 2007. Pp. 612-616.
13. **Nikolaykin N.I.** Method for Determining the Optimum Time for Preventative Substitution of Replaceable Components of Ecological and Biological Technology. *Chemical and Petroleum Engineering*. Vol. 43. Nos. 7-8. 2007. Pp. 494-496.
14. **Trofimenko Yu.V., Vorontsov Yu.M., Trofimenko K.Yu.** *Utilizacija avtomobilej*: monografija. M.: AKPRESS, 2011. 336 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Николайкин Николай Иванович, 1950 г.р., окончил МИХМ (1972), доцент, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 250 научных работ, область научных интересов – инженерная экология, экологическая безопасность ГА, организация производства на транспорте.

Старков Евгений Юрьевич, 1989 г.р., окончил МГТУ ГА (2013), ассистент кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, аспирант МГТУ ГА, автор 15 научных работ, область научных интересов – воздействие деятельности гражданской авиации на окружающую среду, организация производства на транспорте.