

О.А. Агапов¹, Н.А. Большакова¹, Е.Ю. Степанова¹,
К.Ж. Жубат¹, А.Б. Атыгаев¹

¹Ғарыш-Экология, Аэрокосмический комитет, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ МЕСТ АВАРИЙНОГО ПАДЕНИЯ РАКЕТЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В целях научно-методологического обеспечения экологической оценки аварийных последствий пусков ракет космического назначения (РКН) на казахстанской территории, впервые создана схема экстренного отбора проб объектов окружающей среды непосредственно после аварийного падения РКН. Схема разработана на основе практического опыта, приобретенного специалистами научно-исследовательского центра (НИЦ) «Ғарыш-Экология» при ликвидации последствий аварийных падений РКН (2006, 2007 и 2013 гг.) в Кызылординской и Карагандинской областях (Центральный Казахстан). Схема создана с использованием ГИС-технологий, с учетом нарушений почвенно-растительного покрова (пролив жидкого ракетного топлива, взрывы и возгорания) и ориентирована на получение достоверной экологической оценки аварийной ситуации в кратчайшие сроки. Метод экстренного отбора проб объектов окружающей среды рекомендуется для работ по ликвидации последствий промышленных аварий.

Ключевые слова: методологический подход, экологическое обследование, ракета космического назначения, аварийное падение, загрязнение, почва.

• • •

Түйіндеме. Қазақстан аумағындағы ғарыштық мақсаттағы зымырандардың (FM3) апаттық ұшырылымының зардаптарына экологиялық баға беруді ғылыми-әдістемелік қамтамасыз ету мақсатында FM3 апаттық құлауынан кейін, бірден қоршаған орта нысандарының сынамаларын жедел түрде алу сызбасы алғаш рет әзірленді. Сызба «Ғарыш-Экология» ғылыми-зерттеу орталығы (F3O) мамандарының Қызылорда және Қарағанды облыстарында (Орталық Қазақстан) FM3 апаттық құлау (2006, 2007 және 2013 жж.) зардаптарын жою кезінде жинаған практикалық тәжірибесіне сүйенумен әзірленді. Сұлба ГАЖ-технологияларын қолданумен, топырақ-есімдік жамылғысындағы бұзушылықтарды (сұйық зымыран отынының төгілуі, жарылулар мен тұтанулар) ескерумен әзірленген және аса қысқа мерзімде

апаттық жағдай туралы экологиялық баға алуға бағытталған. Қоршаған орта нысандарының сынақтарын жедел түрде алу әдісі енеркәсіптік апаттардың зардаптарын жою жұмыстарына ұсынылады.

Түйінді сөздер: әдістемелік тұрғы, экологиялық зерттеу, ғарыштық мақсаттағы зымыран, апаттық құлау, ластану, топырақ.

• • •

Abstract. For scientific and methodological providing for ecological assessment of emergency consequences of space rocket (SR) missiles launches in the Kazakhstan territory, the scheme of the emergency sampling of natural environments immediately after SR emergency falling is first created. The scheme is developed on the basis of the practical experience that has been acquired by “Garysh-Ecology” research center specialists during elimination **of the** consequences of emergency SR falling (2006, 2007 and 2013) in the Kyzylorda and Karaganda regions (the Central Kazakhstan). The scheme is created with GIS-technologies use, accounting of damages of a soil and vegetable cover (the spill of liquid rocket fuel, explosions and inflammations) and focused on an emergency reliable ecological assessment receiving in the short time. The method of the emergency sampling of natural environments is recommended for operation of industrial accidents consequences elimination.

Keywords: methodological approach, environmental study, space rocket, emergency falling, pollution, soil .

Введение. Падение с большой высоты тяжелой ракетной техники с большими остатками топлива часто сопровождается взрывом с образованием воронок и возгоранием растительного покрова. Масштабы воздействия аварийного падения на окружающую среду, а также высокая токсичность компонентов ракетного топлива (КРТ), попадающих в атмосферный воздух и на почвенно-растительный покров, требуют в краткие сроки получить комплексное представление об экологической обстановке и степени загрязнения объектов окружающей среды, с целью дальнейшего определения рисков и разработки планов ликвидации экологических последствий. Кроме того, авария РКН вызывает у жителей близлежащих населенных пунктов опасение за свое здоровье, что приводит к психологической напряженности.

Анализ публикаций по этой тематике показал, что экологические проблемы аварийных падений РКН касаются, прежде всего, территорий Республики Казахстан и Российской Федерации, принимающих на зем-

ную поверхность отработавшие ракето-носители (РН) (в штатном режиме) и элементы аварийно падающей конструкции РКН. В других странах, где падения РКН происходят преимущественно в континентальные воды (океан), методические вопросы экологического мониторинга последствий аварийных ситуаций при падении РКН в данном случае, неактуальны [1,2].

Практический опыт экстренных обследований и многолетнего экологического мониторинга мест аварийного падения ракет-носителей (РН «Протон-М» в 2007 и 2013 гг., межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) РС-20 в 2006 г.), накопленный «Фарыш-Экология», указывает на отсутствие на сегодняшний день эффективных методик экологической оценки аварийной ситуации, с детальными схемами отбора проб объектов окружающей среды, регламентами и технологиями работ по ликвидации негативных техногенных последствий. Актуально также обновление порядка проведения оценки состояния окружающей среды, с учетом новых гигиенических нормативов.

Целью прикладных научных исследований является разработка методологических подходов к оценке последствий аварийных падений РН, с акцентом на создание схем экстренного обследования мест аварийного падения, оптимизацию работ по детоксикации, экологический мониторинг восстановительных процессов на местах аварийного падения, а также контроль содержания КРТ в объектах среды обитания в близлежащих населенных пунктах, и оценку влияния последствий аварии на здоровье местных жителей. Статья посвящена разработке схемы экстренного экологического обследования на местах аварийного падения РКН.

Методы исследования. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ, гептил – ракетное горючее для РН типа «Протон-М» и МБР) имеет низкую химическую устойчивость и за короткий срок трансформируются в токсичные продукты распада (нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен и др.). Поэтому отбор проб объектов окружающей среды и их химический анализ необходимо проводить в кратчайшие сроки. В свою очередь, для оперативного проведения работ по детоксикации загрязнений на местах аварийного падения необходимо сокращать сроки на проведение оценки загрязнения (2–6 суток), что приводит к ограничению количества отобранных проб. При круглосуточном режиме работы лаборатории должны успеть проанализировать все пробы.

Российские авторы (Н.С. Касимов, О.А. Шпигун и др., 2010-2011гг.) при обследовании мест аварийного падения РКН, предлагают отбирать

пробы объектов окружающей среды (почва, снег, растения, атмосферный воздух) по *азимутальному методу* – по концентрическим окружностям (от периферии зоны видимого техногенного воздействия к центру), через каждые 5 м, по 8-ми румбам (сторонам горизонта), с учетом участия рельефа в распространении загрязнения и залегания грунтовых вод. Однако, с учетом сжатых сроков и ограничения на количество отбираемых проб, шаг отбора проб через 5 м позволит обследовать только небольшие территории [3, 4].

Азимутальный метод применялся для оценки загрязненности почвенного покрова на местах аварийного падения РКН на казахстанской территории (аварии РН «Протон-М» в 2007 и 2013 гг.). На основных местах падения фрагментов РКН, пробы отбирались по 8-ми румбам, по направлению ветра на момент аварии, с шагом, в зависимости от масштаба техногенных нарушений. Под крупными фрагментами упавших конструкций РКН пробы отбирались в эпицентре падения и на расстоянии 2-5 м, по 4 румбам. В среднем, в зависимости от количества мест падения крупных фрагментов РКН, площади и степени повреждения почвенно-растительного покрова, количество отобранных проб объектов окружающей среды на местах аварийного падения составило от 58 до 276, в течение 2-6 суток после аварии. Количественный химический анализ этих проб выполнялся оперативно, с получением результатов на следующие сутки после отбора проб [5-12].

По результатам исследований установлено, что отбор проб по 8-ми румбам от центров мест аварий эффективен для экстренных исследований объектов окружающей среды на загрязненность КРТ. Отсутствие четкого плана отбора проб привело к снижению оперативности при оценке загрязнения. Детоксикация на местах аварийного падения МБР РС-20 в 2006 г. проводилась на 13-е сутки после аварии, РН «Протон-М» в 2007 г. - на 8-е сутки, РН «Протон-М» в 2013 г. - на 7-е сутки.

При экстренном экологическом обследовании отбор основного количества проб следует планировать на потенциально загрязненной территории. Для установления радиуса выявленного загрязнения от мест прошлых аварий РН применялись ГИС-технологии. С помощью программы MapInfo Professional проанализирована база данных экстренного экологического обследования, выбраны точки отбора проб почвы с превышением предельно-допустимых концентраций КРТ, проведено оконтуривание загрязнения почвенного покрова. Как показал анализ данных, основной объем загрязнения почвы, вне зависимости от размеров образовавшихся воронок, находится в радиусе 100 м от центра

мест падения основных фрагментов РН, а распространение загрязнения не зависит от направления ветра. Вероятно, это связано с тем, что при взрыве влияние ветра ничтожно мало и не оказывает какого-либо воздействия.

Картографический анализ выявил наличие загрязнения объектов окружающей среды КРТ на расстоянии до 1 км независимо от направления ветра. К примеру, точечное загрязнение КРТ или продуктами их трансформации (нитрат-ион) выявлено на расстоянии до 1 км от центра места падения в связи с разлетом незначительных фрагментов. При мониторинговых исследованиях, спустя несколько лет, установлено загрязнение растительного покрова на расстоянии до 1 км. В связи с этим при экстренном обследовании планировать точки отбора проб необходимо на расстоянии не менее 2 км по 8-ми румбам и более 2 км по направлению ветра на момент аварии.

Очень важно при отборе проб учесть, что его результаты должны позволить эффективно выявлять очаги химического загрязнения при оптимальном для проведения лабораторного анализа количестве проб. От этого зависят эффективность работ по детоксикации и максимальная ликвидация загрязнения объектов окружающей среды КРТ на местах аварии.

Результаты исследования и их обсуждение. С учетом опыта прошлых исследований и вышеперечисленных требований для экстренного экологического обследования мест аварийного падения предлагается азимутальный метод и одномоментный отбор проб на всех местах падения крупных фрагментов ракетной техники. На первом этапе отбор проб почвы из поверхностного слоя (0-20 см) проводится в центре места падения и по 8-ми румбам от него, на расстоянии в 5 м, 20 м, 40 м, 60 м, 80 м, 100 м, 200 м, 400 м, 600 м, 800 м, 1 000 м, 1 500 м и 2 000 м, а также по направлению ветра в момент аварии, на расстоянии до 10 км, с шагом 1 км (рисунок 1).

В случае, если при отборе проб вблизи запланированной точки будут обнаружены фрагменты ракетной техники или проливы ракетного топлива, то точку отбора целесообразно перенести в соответствующем направлении. Если радиус нарушений почвенно-растительного покрова не превышает 100 м от центра аварийного падения, то шаг отбора проб можно уменьшить (например, до 10–15 м), а если больше чем 100 м, то увеличить (например, до 25-30 м). Расчетное количество проб в зависимости от радиуса нарушенной территории и степени нарушенности представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Отбор проб при экстренном обследовании (1-3 сутки после аварийного падения РКН) техногенно-нарушенных и ненарушенных участков

Радиус обследования, м	Радиус участков с нарушением почвенно-растительного покрова, м	Степень нарушения при визуальном осмотре	Схема отбора проб почвы с шагом, м	Количество проб, шт.
До 100	менее 100	сильная	В центре и по 8 румбам, шагом 10 м (на расстоянии 5 м, 15 м, 25 м, 35 м, 45 м, 55 м, 65 м, 75 м, 85 м, 95 м, 100 м от центра)	89
	менее 100	средняя	В центре и по 8 румбам, шагом 15 м (на расстоянии 5 м, 15 м, 30 м, 45 м, 60 м, 75 м, 90 м, 100 м от центра)	65
	100	средняя	В центре и по 8 румбам, шагом 20 м (на расстоянии 5 м, 20 м, 40 м, 60 м, 80 м и 100 м от центра)	49
До 150	более 100	сильная	В центре и по 8 румбам, шагом 25 м (на расстоянии 5 м, 25 м, 50 м, 75 м, 100 м, 125 м и 150 м от центра)	57
	более 100	средняя	В центре и по 8 румбам, шагом 30 м (на расстоянии 5 м, 35 м, 65 м, 100 м, 130 м и 150 м от центра)	49
Итого на нарушенных участках				49 - 89
От 100-150 до 1 000	-	-	По 8 румбам шагом 200 м (на расстоянии 200 м, 400 м, 600 м, 800 м и 1000 м)	40
От 1 000 до 2 000	-	-	По 8 румбам шагом 500 м (на расстоянии 1500 м и 2000 м)	16
От 2 000 до 10 000	-	-	По направлению ветра на момент аварии шагом 1000 м (на расстоянии 3000 м, 4000 м, 5000 м, 6000 м, 7000 м, 8000 м, 9000 м и 10000 м)	8
Итого на ненарушенных участках				64
Всего				113 – 153

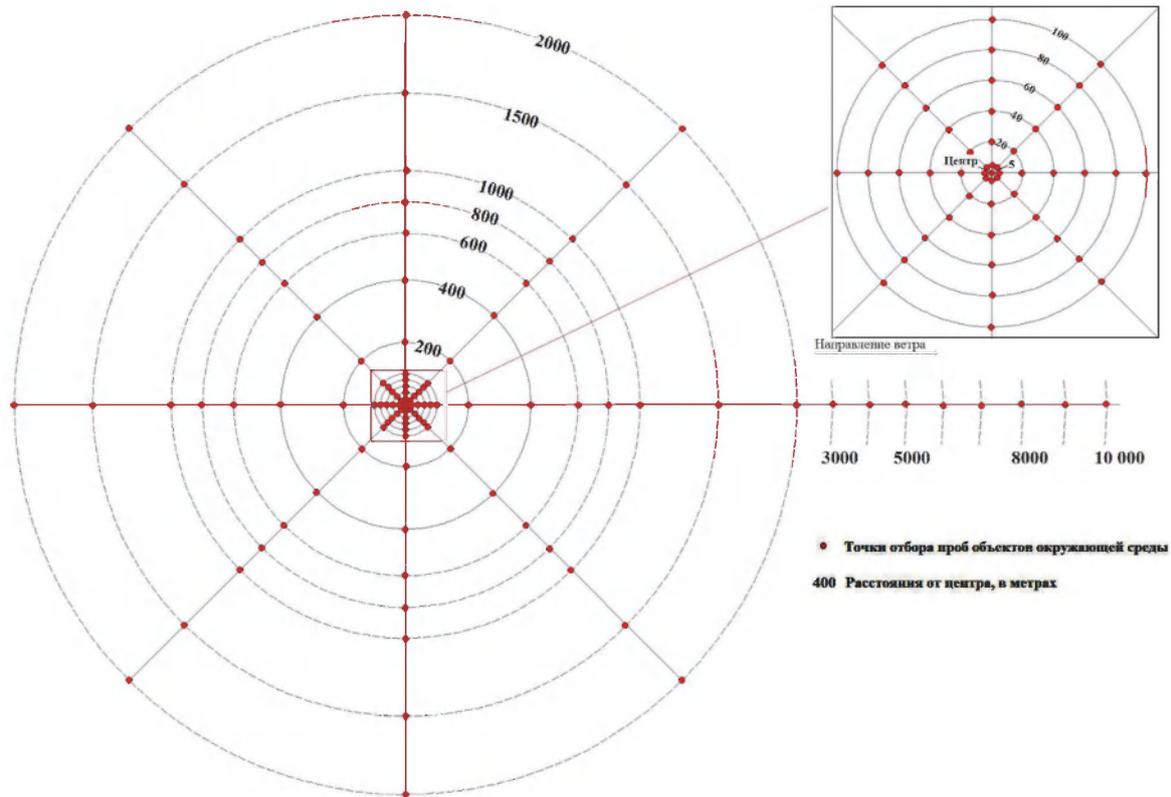


Рисунок 1 – Общая схема экстренного экологического обследования места аварийного падения РКН

Как показывают результаты расчетов, при экстренном обследовании одного места аварийного падения количество отобранных проб варьирует от 113 до 153. При обнаружении нескольких мест аварийного падения крупных фрагментов количество проб соответственно увеличится. Выбор шага отбора проб осуществляется оперативно на местах аварии, в зависимости от возможностей организаций-участников в ликвидации последствий аварии, привлекаемых лабораторий и отведенного времени для оперативного обследования.

Одновременно с отбором проб почвы (в тех же точках) проводится инструментальный замер атмосферного воздуха на содержание КРТ, отбираются образцы растений (при наличии, так как при аварии растительный покров выгорает в результате пожара). Отбор проб растительности также зависит от природной характеристики ее произрастания - степная растительность, как правило, не многочисленна. С учетом отбора проб растений общее количество проб увеличится ориентировочно до 200. Инструментальный замер атмосферного воздуха позволяет сразу получать результат и не несет нагрузки на лабораторию.

На втором этапе (4–6 сут. после аварии) при выявлении нескольких очагов загрязнения на местах аварийного падения для детального оконтуривания загрязнения и определения его проникновения вглубь почвы рекомендуется применять схему отбора проб почвы по сетке и до глубины 1 м (рисунок 2). Расчетное количество проб в зависимости от площади загрязнения и выбранного шага сетки представлено в таблице 2.

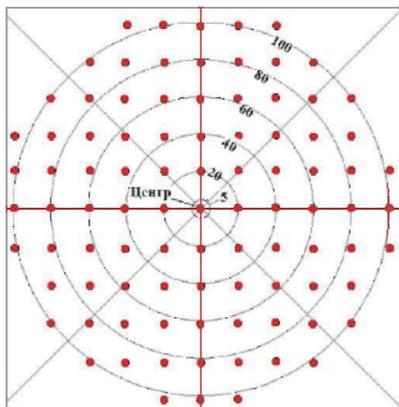


Рисунок 2 – Отбор проб по сетке с шагом (м)

Таблица 2 – Отбор проб по сетке (4–6 сутки после аварийного падения РКН) на локальных участках загрязнения

Радиус загрязненного участка, м	Шаг сетки обследования, м	Глубина отбора, см	Количество проб, шт.
10	2		89×5 = 445
30	5	до 100 (по слоям	121×5 = 605
50	10	0-20, 20-40, 40-60,	89×5 = 445
100	20	60-80, 80 – 100)	92×5 = 460
150	30		87×5 = 435

Представленная схема отбора проб почвы (по сетке и в глубину) использовалась ранее, для контроля остаточного загрязнения после детоксикации. Применение подобной схемы при экстренном экологическом обследовании значительно расширит возможности последующего оконтуривания участков загрязнения (с определением глубины его проникновения) на местах аварийного падения РКН, что повысит качество и эффективность работ по детоксикации почвенного покрова.

Выводы. В качестве первого шага по оптимизации методологических подходов к выполнению экстренной оценки аварийной ситуации, проанализирован практический опыт экологических обследований и ликвидации последствий прошлых аварий РКН в 2006, 2007 и 2013 гг., создана схема отбора проб объектов окружающей среды на местах аварийного падения РКН. Новизна этой схемы заключается в применении азимутального метода отбора проб (в целях эффективного выявления очагов химического загрязнения токсичным ракетным топливом), и проведении обследований по сетке (для более полной оценки масштабов загрязнений и техногенных нарушений). Таким образом, применение разработанной схемы в экологических обследованиях мест аварийного падения РКН обеспечит уверенность в корректной оценке загрязнения.

Схема экстренного отбора проб актуальна в плане сокращения сроков проведения и повышения эффективности экстренных обследований аварийных мест падения РКН, от чего зависит качество работ по ликвидации последствий аварии. Схема рекомендуется к практическому применению при выявлении химического загрязнения от промысленных аварий.

Источник финансирования исследований – Республиканская бюджетная программа 008 «Прикладные научные исследования в

области космической деятельности» на 2018-2020 гг., научно-техническая программа О.0857 «Развитие нормативно-методической базы для оценки воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую среду и здоровье населения» (администратор - Аэрокосмический комитет Министерства оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан)

Список литературы

1 Экологическая безопасность деятельности космодрома «Байконур» / под ред. д.т.н., академика МАНЭБ Ж. Жубатова. – Алматы, 2011. – 430 с.

2 Методические подходы к комплексной экологической оценке воздействия ракетно-космической деятельности / Ж. Жубатов, Е.Ю. Степанова // Материалы междунаучно-практического конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность», 11-15 сентября 2017 г. – Севастополь, 2017. – С. 459–462.

3 Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы / под ред. акад. РАН Н.С. Касимова, чл.-корр. РАН О.А. Шпигуна. – М.: РЕСТАРТ, 2011. – 470 с.

4 Методика проведения обследования места аварийного падения ракеты-носителя (МБР) / ФГУП «ЦЭНКИ» Федерального космического агентства, РГП «НИЦ «Фарыш-Экология» Национального космического агентства РК - Москва, 2010.

5 Информация об аварии РКН РС-20 27 июля 2006 г. в Кызылординской области, анализ ситуации и принятые меры по предупреждению чрезвычайных ситуаций при пуске ракет / Б.Ю. Захаров // Материалы научно-практического семинара «Итоги реализации Программы экологического мониторинга территорий, подвергшихся техногенному воздействию в результате аварийного падения ракеты космического назначения РС-20 27 июля 2006 года в Кызылординской области». - Алматы, 2009. – С. 115.

6 Сводный отчет по результатам химико-экологической экспертизы проб, отобранных в районах падения ракетносителя РС-20 «Днепр», запущенного 27 июля 2006 г. с космодрома «Байконур»: отчет о НИР (заключительный) / ДГП «Инфракос-Экос», ДГП «ЦФХ-МА», ДГП «ИЯФ», АО «Биомедпрепарат-инжиниринговый центр», ДГП «Институт ботаники и фитоинтродукции», ДГП «Институт гидрогеологии и гидрофизики», филиал «Институт почвоведения им. У.У.Успанова», ДГП «Институт зоологии». – Астана, 2006. – 89 с.

7 Совместный отчет по оценке экологических последствий аварии ракеты РС-20 «Днепр», запущенной 27 июля 2006г. с космодрома «Байконур», в Кызылординской области Республики Казахстан:

отчет о НИР (заключительный) / ДГП «Инфракос-Экос», ФГУП «ЦЭН-КИ». – Астана, Москва, 2006. – 28 с.

8 Отчет о работах по изучению результатов детоксикации почв, загрязненных НДМГ, на местах падения фрагментов аварийной ракеты РС-20, запущенной 27 июля 2006 г. с космодрома «Байконур»: отчет о НИР (заключительный) / ДГП «Инфракос-Экос», ДГП «ЦФХ-МА». – Алматы, 2006. – 36 с.

9 Оценка экологических последствий аварии РН «Протон-М» с КА «ДжейСиСат-11», запущенной 06 сентября 2007 года с космодрома «Байконур» на территории Карагандинской области Республики Казахстан: отчет НИР (заключительный) / ДГП «Инфракос-Экос»: рук. Козловский В.А. – Алматы, 2007. – 76 с.

10 Экологический и социально-гигиенический мониторинг территорий Карагандинской области Республики Казахстан, подвергшихся воздействию неблагоприятных факторов, связанных с аварийным пуском ракеты-носителя «Протон-М» с космодрома «Байконур» 06 сентября 2007 г.: отчет о НИР (заключительный) / ДГП «Инфракос-Экос»: рук. Жубатов Ж. – Алматы, 2009. – 750 с.

11 Оценка результатов проведения мероприятий по ликвидации последствий аварии РН «Протон-м» Плана мероприятий по реализации Программы «Ликвидация последствий воздействия неблагоприятных факторов, связанных с аварийным пуском ракеты космического назначения «Протон-М» с космодрома «Байконур» 2 июля 2013 г. на окружающую среду и здоровье населения: отчет НИР (заключительный) / РГП «НИЦ «Фарыш-Экология»: рук. Жубатов Ж. – Алматы, 2016. – 351 с.

12 Справка по оценке экологического обследования района аварийного падения и территорий вероятного воздействия аварийного пуска РКН «Протон-М» 02.07.2013 г. // РГП «НИЦ «Фарыш-Экология». – Алматы, 2013. – 6 с.

Агапов О.А. - заместитель начальника отдела экологических программ
e-mail: infracos-kaz@mail.ru, agaole@mail.ru;

Большакова Н.А. - начальник отдела геоинформационных систем (ГИС),
e-mail: infracos-kaz@mail.ru;

Степанова Е.Ю. - ведущий научный сотрудник сектора экологического нормирования отдела экологических программ,
e-mail: s.ell@mail.ru – автор, ответственный за переписку;

Жубат К.Ж. - заместитель начальника отдела геоинформационных систем (ГИС), e-mail: infracos-kaz@mail.ru;

Атыгаев А.Б. - научный сотрудник сектора экологического нормирования отдела экологических программ, e-mail: newanuar@gmail.com.