

# Геодезия и картография

УДК 502.35//912.43

## Чернобыльская авария: прогноз загрязнения территории России и Беларуси

*В.В. Снакин, В.Р. Хрисанов, А.А. Присяжная, Г.В. Митенко  
Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,  
Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино*

Анализируется новый Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. Рассмотрены цели и задачи нового издания, а также методика среднемасштабного прогнозирования изменения уровня радиоактивного загрязнения до 2056 года. Приведены примеры результатов такого прогноза для Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.

*Ключевые слова:* атласное картографирование, прогноз радиоактивного загрязнения местности, радиоэкология.

Прошло более 24 лет с момента аварии на Чернобыльской АЭС, изменившей коренным образом радиационную ситуацию на огромной территории, принадлежавшей различным государствам. Наибольшая площадь с загрязнением более 1 кюри/км<sup>2</sup> у России – 60 тыс. км<sup>2</sup>. Сильно пострадали Беларусь – 46 тыс. км<sup>2</sup>, Украина – 38, Швеция – 24, Финляндия – 15, Австрия – 11, Норвегия – 7 тыс. км<sup>2</sup>. Самые загрязненные территории (более 40 кюри/км<sup>2</sup>) достались Беларуси (2,6 тыс. км<sup>2</sup>), Украине (0,56) и России (0,46 тыс. км<sup>2</sup>).

Наиболее информативным и наглядным способом представления сведений о современном и прогнозном радиационном состоянии окружающей среды являются картографическое отображение материалов.

С момента выхода основных картографических обобщений радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС прошло более 10 лет [1, 2]. За прошедшие годы радиационная обстановка на территориях, подвергшихся воздействию аварии, значительно изменилась: уменьшается уровень радиации, перераспределяются приоритеты загрязняющих радионуклидов.

В соответствии с Программой совместной деятельности по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на 2006–2010 гг. белорусскими и российскими специалистами выполнена работа по подготовке и выпуску нового Атласа радиоактивного загрязнения территорий Беларуси и России, включающего не только ретроспективные и современные, но и прогнозные карты [3]. Редакционную коллегию возглавили с российской стороны ака-

демик РАН Ю.А. Израэль, с белорусской – академик НАН Беларуси И.М. Богдевич. Финансирование и оперативное руководство работой по созданию Атласа осуществляли министерства чрезвычайных ситуаций России (начальник Управления преодоления последствий радиационных аварий и катастроф, д.м.н. Т.А. Марченко) и Беларуси (замначальника Департамента по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, к.с.-х.н. Н.Н. Цыбулько).

Над Атласом работал целый ряд российских институтов РАН, РАМН, РАСХН, Росгидромета, а также Научно-производственное объединение «Тайфун» и Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. Десять организаций участвовало с белорусской стороны.

Новый Атлас предоставляет картографическую и справочную информацию о загрязнении (ретроспектива, современное состояние и прогноз до 2056 г., через каждые 10 лет) территории загрязнённых областей Беларуси и России дозообразующими радионуклидами, долговременно сохраняющимися в ландшафтах и включившимися в функционирование экосистем. Раскрываются особенности радиоактивного загрязнения различных ландшафтов (сельскохозяйственных земель, лесов, водных объектов), приводятся общие сведения о территориях России и Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие Чернобыльской аварии (Брянская, Калужская, Орловская и Тульская области Российской Федерации, Республика Беларусь в целом, а также Брестская, Гомельская, Гродненская, Минская и Могилёвская области).

Картографическая информация Атласа может быть использована для планирования развития различных отраслей народнохозяйственного комплекса в России и Беларуси. Она дает основу для оценок возможного влияния радиационных факторов на здоровье населения, на санитарно-гигиеническое качество производимой на территориях продукции и служит выработке территориальных стратегий природопользования.

На разных этапах развития послеаварийной ситуации в качестве приоритетных выступают различные радионуклиды.

Первоначально загрязнение формировал широкий набор радиоизотопов. В течение первых двух месяцев особую опасность для человека представляли короткоживущие изотопы, особенно йод-131 (период полураспада 8,04 суток).

В результате фракционирования радионуклидов в выпадениях ещё в 1986 г. было установлено, что основное количество трансурановых элементов выпало в 30-километровой зоне ЧАЭС, а стронция-90 (период полураспада 28,5 лет) – в 60-километровой зоне.

Однако уже через два года, после распада коротко- и среднеживущих радионуклидов, основным дозообразующим изотопом на обширных пространствах (практически в глобальном масштабе) стал долгоживущий цезий-137 (период полураспада 30 лет).

Следует заметить, что на Европейской территории России уровни загрязнения стронцием-90 после аварии на ЧАЭС практически не превышают уровни глобального загрязнения, сформировавшегося в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере, а выпадения трансуранов не наблюдаются. Исключением является Брянское цезиевое пятно, где отношение загрязнения цезием-137 к загрязнению стронцием-90 составляет 64–89, а отношение загрязнения цезием-137 к загрязнению плутонием-239+240 – 2500–3500 [4].

При анализе радиационной ситуации после Чернобыльской аварии существенное внимание уделяется плутонию-241, из которого образуется коварный трансурановый элемент – америций-241. Если со временем концентрация практически всех радиоактивных изотопов уменьшается, то в отношении америция-241 наблюдается обратная картина: рост радиоактивности ещё в течение 60–80 лет.

Всем указанным изотопам в Атласе уделено соответствующее внимание, тем не менее, основные прогнозные карты приводятся лишь для загрязнения территорий цезием-137.

Наличие прогнозных карт является важным преимуществом нового Атласа в сравнении с из-

\* Анализируемый Атлас стал последней и наиболее значительной работой замечательного учёного и человека д.г.н. Е.В. Квасниковой (28.04.1958 – 22.09.2009) – одного из главных авторов и инициатора подготовки нового издания. Несмотря на тяжёлую болезнь, связанную с последствиями её работы в Чернобыле, Елена Валентиновна до последнего дня продолжала заниматься научной работой в области теории и практики картографирования радиоактивных загрязнений, геохимии антропогенных радионуклидов в ландшафтах, руководила ежегодными экспедиционными исследованиями миграции радионуклидов на восточном чернобыльском следе.

даниями 1998 г., где был сделан статический обзор радиационной обстановки в общеевропейском масштабе, а также для Европейской территории России, Украины и Беларуси. Жаль лишь, что такой прогноз сделан только для двух стран, хотя он актуален и для других пострадавших в результате аварии государств, особенно для Украины\*\*.

Задача долгосрочного прогнозирования загрязнения цезием-137 в практическом аспекте сводилась к построению комплекта карт среднего масштаба (1:1 000 000) на ряд лет. Построение прогнозных карт не могло быть осуществлено по расположению изолиний плотности загрязнения цезия-137 на карте. Это связано с неравномерностью распределения уровней плотности загрязнения между изолиниями, что, с учётом шага между принятыми значениями, может приводить к недопустимым ошибкам в прогнозировании. Поэтому в основу прогнозных карт были положены те же исходные данные в полном объёме, что и при построении карт загрязнения цезием-137 на современную дату – дату сбора основного массива измерений [5, 6].

Ранее было показано [5], что при мелко- и среднемасштабном прогнозировании радиоактивного загрязнения местности цезием-137 для прогнозирования уровней загрязнения достаточно учитывать только радиоактивный распад цезия-137. Это связано с малой подвижностью цезия-137 в почвах (основная часть цезия-137 в почвах находится в нерастворимой форме, обменная форма составляет не более 20%, а растворимая – не более первых процентов), а также локальным характером переотложения цезия-137 в результате эрозивно-аккумулятивных процессов. Вторичное горизонтальное перераспределение радионуклидов, сорбированных на почвенных частицах, в регионах с отсутствием ветровой эрозии происходит преимущественно за счет смыва, транзита и переотложения наносов водными потоками, формирование которых начинается со склонов между речий. В ненарушенных ландшафтах равнин темпы смыва почв, а также ветровая эрозия не играют значительной роли в трансформации поля радиоактивного загрязнения.

На основании изложенного расчет прогнозных карт осуществляли по формуле радиоактивного распада цезия-137:

$$A(x, y, t) = A(x, y, t_0) e^{-\lambda(t-t_0)},$$

где  $\lambda$  – постоянная распада цезия-137, равная 0,0231 год<sup>-1</sup>,  $t$  – год расчета прогнозной карты,  $t_0$  – год исходного массива данных, который используется для расчета прогнозных карт.

Результаты прогнозирования были использованы для оценки динамики площадей зон с различными уровнями загрязнения на территории

\*\* В 2008 году по заказу МЧС Украины подготовлено 2-е издание Атласа радиоактивного загрязнения Украины (Atlas. Ukraine. Radioactive contamination, 2008), содержащее ретроспективные и современные карты загрязнения территории страны цезием-137, стронцием-90, суммой изотопов плутония, а также прогнозные на 2056 г. карты по америцию-241. Кроме того в атласе приводятся материалы по мониторингу загрязнения, медицинским и социально-экономическим последствиями Чернобыльской аварии.

ряда областей Российской Федерации и Беларуси (табл. 1).

Результаты прогноза показывают, что уровни загрязнения более 40 Ки/км<sup>2</sup> исчезнут на территории Российской Федерации в 2049 г.; крупные пятна площадью более 10 км<sup>2</sup> с такими уровнями не наблюдаются уже с 2006 г. Уровни загрязнения более 15 Ки/км<sup>2</sup>, наблюдающиеся в настоящее время на территории Брянской области, исчезнут примерно через сто лет после аварии. Уровни уменьшатся до значений менее 1 Ки/км<sup>2</sup> в этой области только примерно через 320 лет после аварии (табл. 2).

В качестве примера из Атласа приведены упрощённые картосхемы загрязнения территорий четырёх областей России (Брянской, Калужской, Орловской и Тульской) на 2006 и 2056 гг., показы-

Таблица 1  
Площади зон с различными уровнями загрязнения на территории ряда областей Российской Федерации в 1986–2056 гг., км<sup>2</sup> [6]

Год	Уровни загрязнения, Кюри/км <sup>2</sup>			
	1 – 5	5 – 15	15 – 40	> 40
<i>Брянская область</i>				
1986	8717	2950	2239	569
1996	4686	3333	1583	276
2006	4455	3161	1150	82
2016	3976	2788	895	22
2026	3835	2490	593	7
2036	4015	2145	319	4
2046	4491	1539	120	1
2056	4577	1091	27	-
<i>Калужская область</i>				
1986	3577	1453		
1996	3327	732		
2006	3641	404		
2016	3301	113		
2026	2703	39		
2036	2126	5		
2046	1824	-		
2056	1470	-		
<i>Орловская область</i>				
1986	9782	393		
1996	6400	61		
2006	4868	-		
2016	2660	-		
2026	1592	-		
2036	1140	-		
2046	639	-		
2056	337	-		
<i>Тульская область</i>				
1986	11421	1922		
1996	8733	610		
2006	7895	403		
2016	6754	112		
2026	5745	4		
2036	4610	-		
2046	3371	-		
2056	2006	-		

Таблица 2

Год исчезновения повышенного и высокого загрязнения местности цезием-137 на Европейской территории России

Область, республика	Уровень радиоактивного загрязнения, Кюри/км <sup>2</sup>			
	> 40	> 15	> 5	> 1
Брянская	2049	2092	2139	2209
Тульская			2029	2099
Калужская			2042	2112
Орловская			2003	2071
Курская				2047
Пензенская				2047
Рязанская				2044
Мордовия				2038
Липецкая				2026
Тамбовская				2025
Воронежская				2023
Белгородская				2023
Ульяновская				2023
Нижегородская				2019
Ленинградская				2018
Татарстан				2011
Саратовская				2004
Чувашия				1999
Смоленская				1998

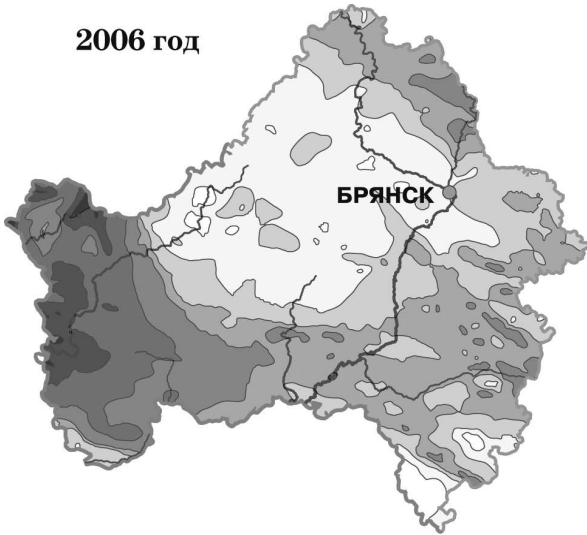
вающие масштабы сокращения степени загрязнения территории с течением времени.

В заключение стоит привести фрагмент из обращения министров МЧС России и Беларуси С.К. Шойгу и Э.Р. Бариева к читателям Атласа: «Настоящий Атлас имеет не только важное социальное и образовательное, но и историческое и моральное значение в деле информирования о последствиях Чернобыльской аварии. Антропогенная радиоактивность уже десятки лет сопровождает жизнь человека, она стала неотъемлемой характеристикой среды его обитания, и в этой связи издание должно способствовать осознанию человеком существенности влияния цивилизации на природную среду, а также своей ответственности перед будущими поколениями и природой».

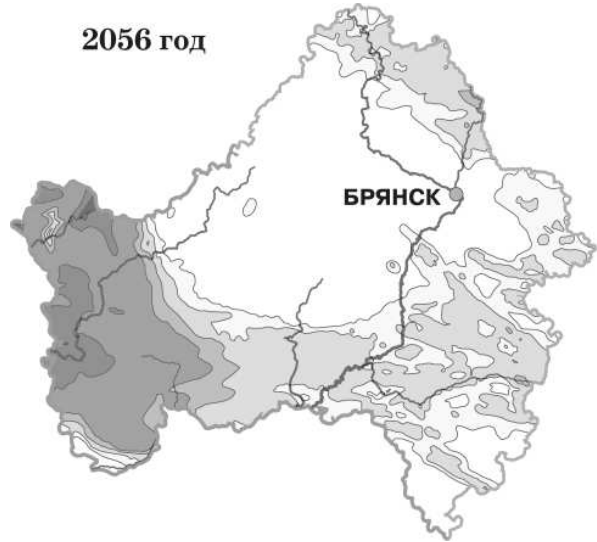
#### Литература

1. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / Науч. рук. Ю.А. Израэль. – Люксембург: Бюро по официальным изданиям Европейской Комиссии, 1998. – 108 с.
2. Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белоруссии и Украины / Науч.рук. Ю.А. Израэль. – М.: ИГКЭ Росгидромета, Роскартография, 1998. – 144 с.
3. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия–Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. – Москва–Минск: Фонд «Инфосфера»–НИА-Природа, 2009. – 140 с.
4. Квасникова Е.В., Пегов А.Н., Стукин Е.Д. Современный радионуклидный состав чернобыльских выпадений на разном удалении от места аварии // Труды междунар. конф. «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях» (24–26 апреля 2000 г., Москва). Т. 1. – СПб.: Гидрометеоздат, 2000. – С. 172–177.

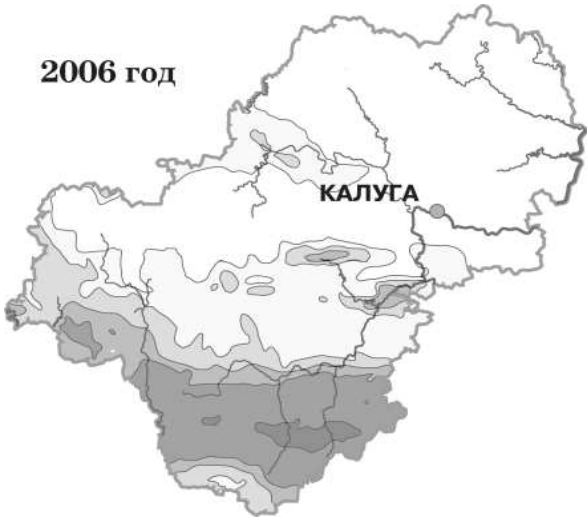
2006 год



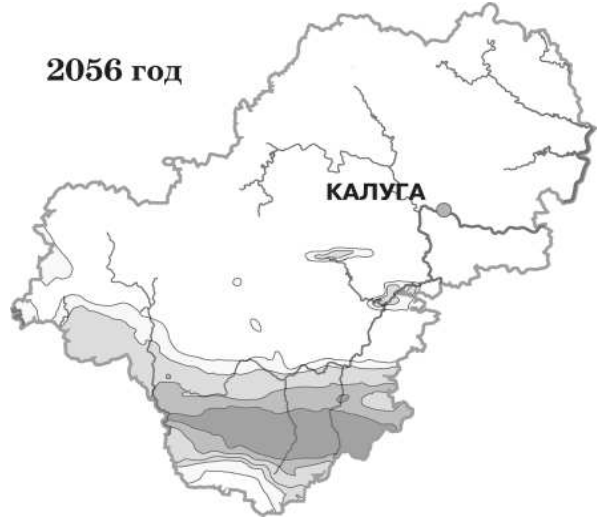
2056 год



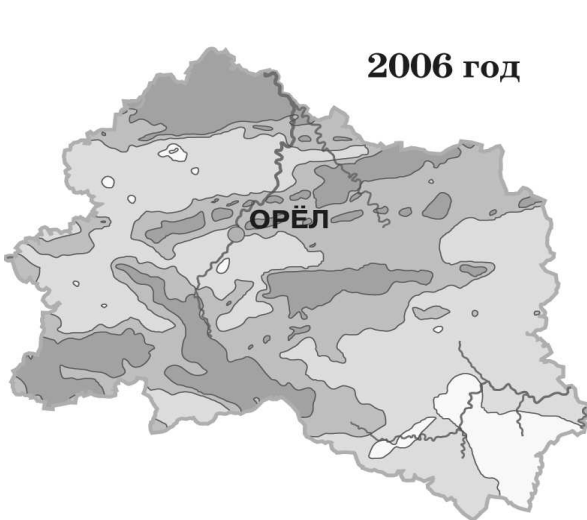
2006 год



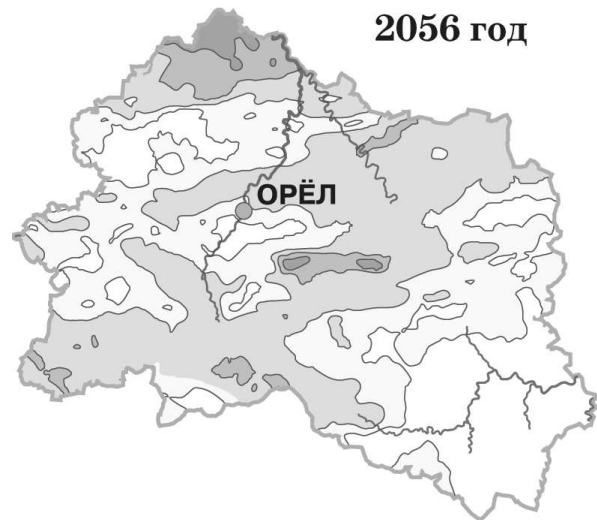
2056 год



2006 год



2056 год



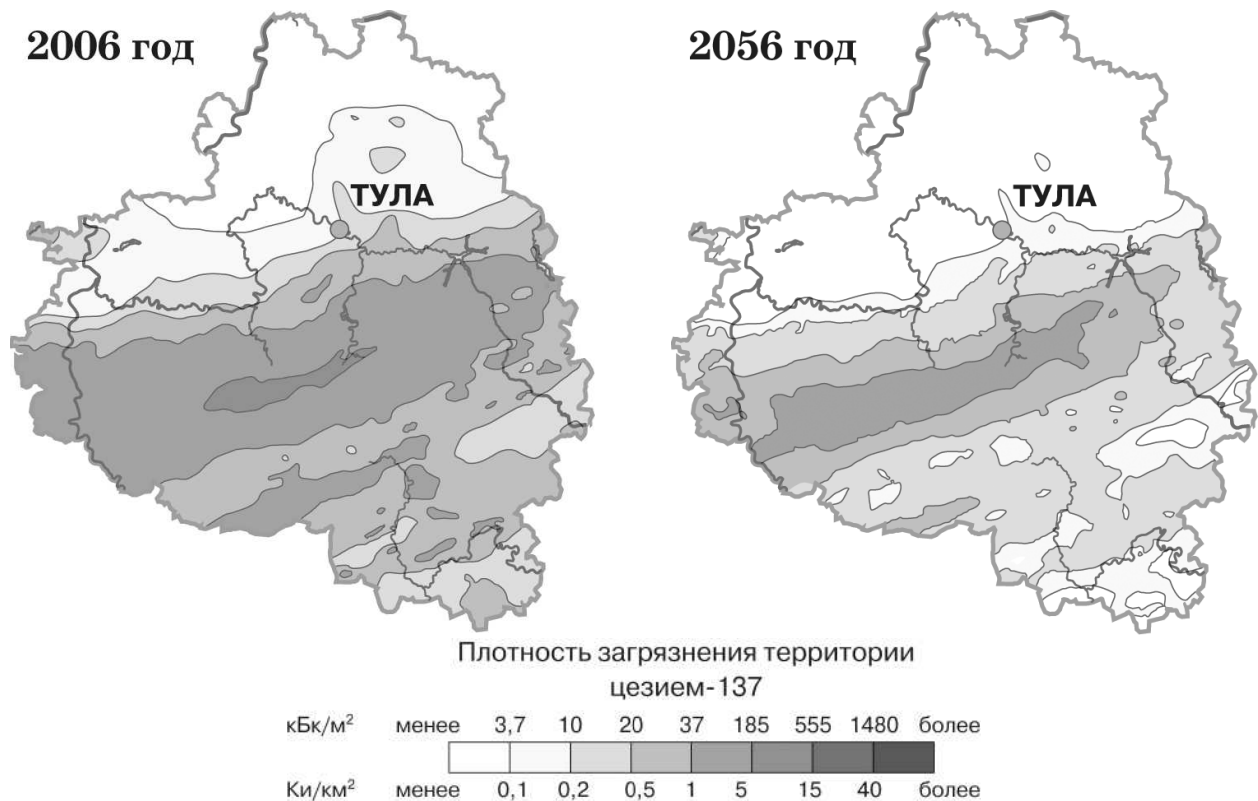


Рис. Загрязнение территории Брянской, Калужской и Орловской областей цезием-137 в 2006 и 2056 гг.

5. Израэль Ю.А., Имшенник Е.В., Квасникова Е.В., Назаров И.М., Стукин Е.Д., Цатуров Ю.С. Долгосрочный прогноз изменения радиоактивного загрязнения территории России цезием-137 после аварии на Чернобыльской атомной электростанции // Метеорология и гидрология, 1998. № 4. – С. 5-17.

6. Имшенник Е.В., Квасникова Е.В. Прогнозное картографирование полей радиоактивного загрязнения, сложившихся в прошлом // Метеорология и гидрология, 2010. № 6. – С. 39-46.

7. Atlas. Ukraine. Radioactive contamination. Second Ed. – Kyiv, 2008. – 52 p.

#### Короткие сообщения

### ГИС-мониторинг окружающей среды

С 13 по 18 сентября в Алуште (Украина) пройдет XV Международный научно-технический симпозиум "Геоинформационный мониторинг окружающей среды GPS и GIS-технологии".

Организаторы мероприятия: Государственная служба геодезии, картографии и кадастра Украины; Национальный университет "Львовская политехника"; Львовское астрономо-геодезическое товарищество; Научно-исследовательский институт геодезии, топографии и картографии (Чехия).

Для участия в симпозиуме приглашены ученые и специалисты в сфере GPS и GIS - технологий большинства европейских государств.

Цель симпозиума – обмен опытом и координация научных и практических мероприятий по внедрению и использованию GIS, GPS и компьютерных технологий в топливо-энергетическом комплексе, природопользовании, экологии, транспорте, управлении территориями и хозяйством. В период проведения симпозиума будет проходить выставка оборудования и программных продуктов предприятий и организаций, которые совершают научно-опытные работы и предлагают свои услуги в решении GIS и GPS проблем. Приглашение для участия в выставке получили передовые фирмы, которые специализируются в разработках GPS и GIS - технологий.

По организационным вопросам обращаться в Оргкомитет симпозиума: тел. (032) 258-26-98, (032) 258-22-37, 8-067-3918047, К.Р.Третьяк. kornel@polynet.lviv.ua.