

Оценка современного состояния природных комплексов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника и разработка прогноза динамики на основе ГИС-технологий анализа разновременных аэрокосмических снимков и выборочных наземных измерений

В.Р. Понтус¹, А.Р. Понтус¹, И.А. Тяшкевич¹, И.М. Булавик², В.А. Сипач¹, Ж.А. Шуляк¹, Т.В. Гридина¹, О.Н. Самойленко¹, Е.Н. Горбачева¹, В.П. Тимовец¹

¹ *Республиканское научно-производственное унитарное предприятие
«Космоаэрогеология», 220030, Беларусь, г. Минск, ул. Комсомольская, 16*

E-mail: kosmoaerogeology@tut.by

² *Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие (РНИУП)
«Институт радиологии», Беларусь, г. Гомель*

E-mail: rir@server.by

В статье изложены основные результаты работ по оценке современного состояния, динамики изменений в экосистемах территории имеющей значительное радиационное загрязнение. На основе использования разновременных космических снимков, в том числе сверхвысокого разрешения, специального программного обеспечения обработки космической информации на платформе ArcView GIS, Erdas Imagine и ENVI, а также последующих выборочных наземных измерений, были определены параметры изменений в структуре экосистем заповедника, дана оценка современного состояния и разработан прогноз динамики трансформаций.

Ключевые слова: радиационное загрязнение, радиационно-экологический заповедник, космические снимки высокого разрешения, современное состояние, прогноз динамики трансформаций.

Крупнейшая техногенная катастрофа на ЧАЭС в значительной степени затронула юго-восточный регион Республики Беларусь и существенно изменила его естественный облик. В 1988 году с целью осуществления комплекса мероприятий по предотвращению разноса радионуклидов за пределы зоны загрязнения, проведения радиобиологических исследований и долговременного изучения состояния флоры, фауны, почвенного покрова, водно-болотных экосистем, осуществления радиационно-экологического контроля и мониторинга был создан Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ). Территория ПГРЭЗ является уникальным научным полигоном для изучения радиационно-экологических процессов, возникших в результате одномоментного радиационного загрязнения. Важное значение Полесский ГРЭЗ имеет для отработки методов и технологии реабилитации радиационно-загрязненных территорий. Применение дистанционных методов для изучения динамики природных комплексов радиационно-загрязненных территорий все более актуально в связи с постоянным высоким уровнем радиационного загрязнения и связанного с этим риском для здоровья при выполнении наземных работ.

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник расположен на территории трех административных районов Гомельской области – Брагинского, Наровлянского, Хойникского (рис. 1). Целью научно-исследовательской работы являлось изучение современной структуры природных ландшафтов Полесского ГРЭЗ, анализ динамики изменений с момента создания заповедника и разработка прогноза на основе тематического дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков с использованием ГИС-технологий и выборочных наземных данных.

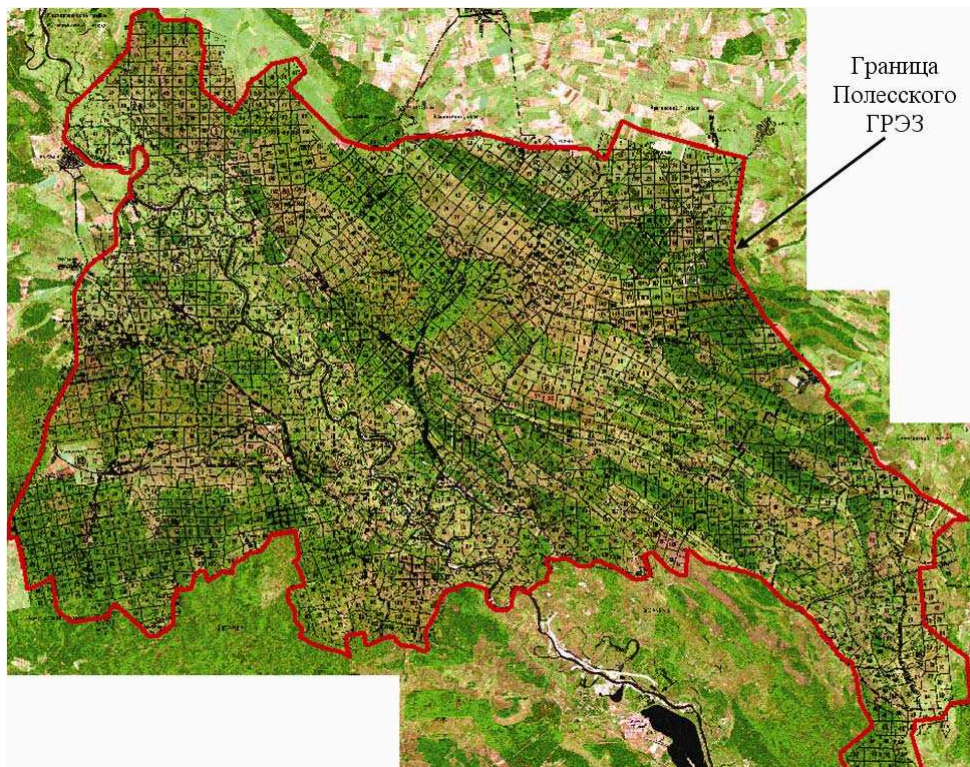


Рис. 1. Космический снимок Terra (Aster), увязанный с квартальной сетью, на территорию ПГРЭС

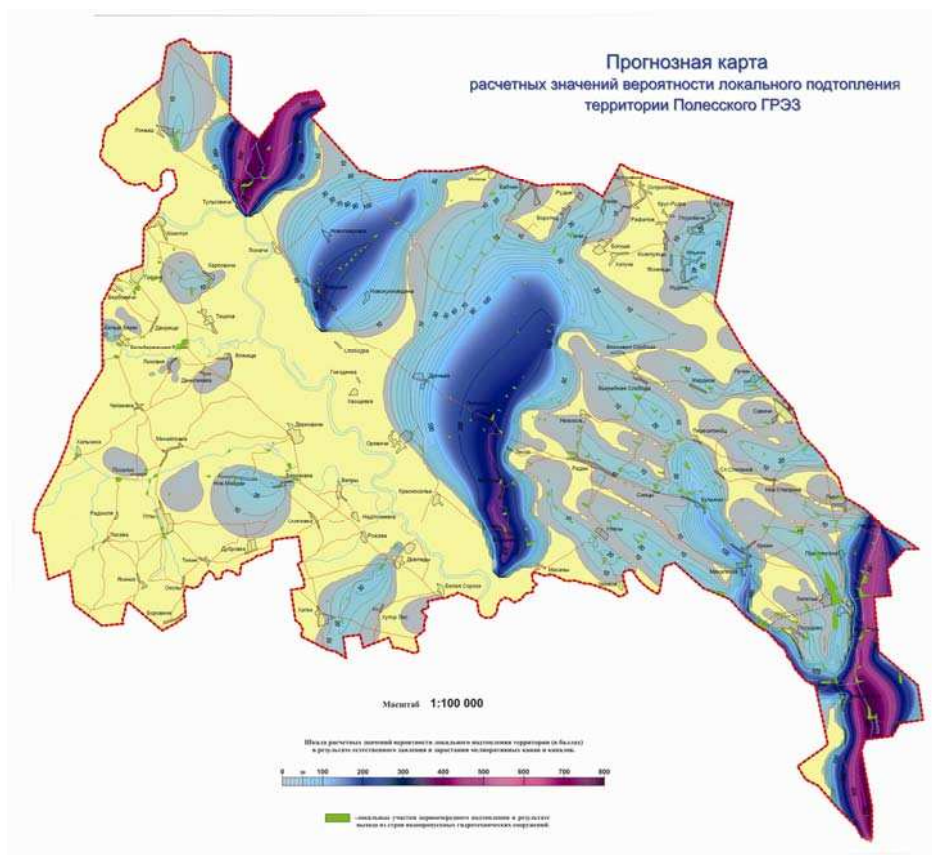


Рис. 2. Прогнозная карта расчетных значений вероятности локального подтопления территории Пolesского ГРЭС

Для оценки современного состояния экосистем заповедника и разработки системы аэрокосмического мониторинга на основе космических снимков высокого разрешения и выборочных наземных измерений был проведен комплекс исследований по территории ПГРЭЗ. В качестве эталонно-калибровочных участков (ЭКУ) были выбраны участки территории по возможности представляющие максимальное разнообразие природных экосистем заповедника, но значительно различающиеся по размерам, рельефу, геологическим и другим природным показателям. Особое внимание было уделено участкам подтоплений. При выполнении настоящей работы использовано максимальное количество имеющихся на настоящий момент данных дистанционного зондирования Земли, в том числе и аэрофотоснимки, выполненные задолго до создания заповедника. Очень важным моментом в дистанционных исследованиях, является сопряженное проведение периодических наземных выборочных наблюдений (измерений) - полевое эталонирование – как правило, на пробных площадях - и увязка этих материалов с данными разновременных дистанционных съемок. Это дает возможность определить уровень нарушений природных экосистем и прогнозировать динамику их развития.

В современном состоянии трансформация земель заповедника определяется с одной стороны, специфическими природными условиями, в том числе режимом прохождения весенних половодий и летне-осенних паводков, отсутствием какой-либо деятельности связанной с сельхозпроизводством и др. условиями. С другой стороны, статус государственного заповедника и связанный с этим строго регламентируемый характер деятельности, проведенный комплекс хозяйственно-технических мероприятий направленных на локализацию радионуклидного загрязнения, накладывает свою специфику на динамику и направление трансформации.

Одной из задач исследований было создание специальной базы данных (БД) космических изображений на территорию заповедника с учетом наличия материалов разновременных КС различных съемочных систем. На некоторые ЭКУ заповедника было проведено тематическое дешифрирование разновременных аэрофотоснимков за периоды 1951, 1966 и 1971 гг. с последующим составлением ортофотопланов территории заповедника. В работе были использованы космические снимки Landsat 3 MSS-75г., Landsat 5 TM -85г., Landsat 7ETM⁺ - 1999, 2001, 2003 и 2007гг, Terra- ASTER – 2008г., Метеор 3, 3М-1981, 2003г. На некоторые ЭКУ заказника были дополнительно использованы КС высокого разрешения с индийского аппарата IRS 1C/1D – 2007г. и сверхвысокого разрешения – Ikonos – 2006г. Для структурно-геологического дешифрирования использовался снимок с российского спутника Метеор 3М-2003г. Из разновременных АФС были изготовлены ортофотопланы в электронном виде на участки территории заповедника подвергшиеся наибольшим изменениям и увязаны с современными космоснимками.

Наиболее низкие заболоченные участки территории были представлены малопродуктивными естественными заболоченными сенокосами и пастбищами, а повышенные места заняты постройками и пахотными угодьями и в настоящее время частично представлены как залежь, а частично как участки с лесными культурами и с естественной порослью кустарника и древесных пород.

В настоящее время на территории заповедника имеются многочисленные участки подтоплений образовавшихся из-за перекрытия мелиоративной сети. В основном это участки, находящиеся на территории Брагинского и Хойникского районов и кроме этого, имеется ряд таких участков на территориях, примыкающих к заповеднику. При малых скоростях течения в каналах и ежегодном увеличении объема зарастания и заиления уровень от года к году становится выше. Происходит естественное восстановление уровней и водного режима территории, бывших до мелиорации. Такое восстановление может иметь значительную территориальную неоднородность, вследствие не одинаковой интенсивности заиления и зарастания мелиоративных каналов и различного срока службы гидротехнических сооружений в разных природных условиях. Это приводит к локальному подтоплению отдельных участков территории (рис.2). Вероятность такого подтопления в целом зависит от величины поверхностного

концентрированного стока, который имеет значительную территориальную изменчивость, увеличиваясь и уменьшаясь в несколько раз в пределах нескольких километров.

Для территории Полесского ГРЭЗ средний годовой поверхностный сток составляет около 20% от количества выпадающих здесь атмосферных осадков и достигает 100-120мм. А это значит, что через мелиоративные системы заказника ежегодно проходит более 200-300 млн.м³ воды. Такие значительные объемы создают реальные предпосылки для локального подтопления значительных площадей в местах резкого снижения водопрпускной способности мелиоративных систем.

Площадь заболоченных земель в пределах Полесского ГРЭЗ достигает около 900 км². Из них около 850 км² - осушено. Следовательно, на 25-30% территории заказника возможно локальное подтопление различной степени.

На основе физико-географических данных и компьютерного моделирования был выполнен расчет вероятности возможного подтопления участков территории вследствие заиления и зарастания мелиоративных канав и каналов и определены места первоочередного локального подтопления вследствие выхода из строя водопрпускных и водорегулирующих гидротехнических сооружений. По результатам расчета и была построена прогнозная карта, на которой вероятность локального подтопления отображена в баллах, а также нанесены места первоочередного подтопления при перекрытии водопрпускных сооружений.

Данные компьютерной обработки снимков показали, что на сегодняшний день по сравнению с 1987 г. на 6,3% увеличилась площадь угодий находящихся под водой и на 8,9% увеличилась площадь заболоченных земель (табл. 1). Кроме того, было установлено, что на сегодняшний день по заповеднику лесистость увеличилась на 13,6% по сравнению с годом создания. Произошло это как за счет создания лесных культур, так и за счет естественного возобновления. На 11,4% увеличилась доля кустарников и закустаренных земель - в основном за счет бывших мелиорированных сельскохозяйственных угодий. Практически вся эта площадь в той или иной степени стала покрываться кустарниками. Больше всего трансформация коснулась чистых мелиорированных земель, что выражается в уменьшении доли осушенных земель по сравнению с 1988 годом на 46,2%.

Практически вся эта площадь перешла под заболоченные закустаренные угодья и под воду, а также участки тростниковых болот. Возросла доля кустарников и древесной растительности по суходольным участкам - на 2108га (2,4%). Количество прочих земель сократилось на 1075 га (1,2%). Практически все они переданы под посадку леса.

Многие участки бывших сельхозугодий, представленных в основном малопродуктивными песчаными землями, в настоящее время представлены лесными культурами или намечены под посадку леса. Считаю это целесообразным, так как это в данных условиях оптимизирует землепользование, значительно повышает экологическую ёмкость и устойчивость естественных ландшафтов.

В работах по оценке современного состояния и динамики изменений в экосистемах заповедника на основе ретроспективной аэрокосмической информации и ГИС-технологий обработки и анализа всей информации, ключевым звеном является подбор наиболее информативных каналов съемки и последующее выборочное наземное эталонирование результатов дешифрирования с точной привязкой участков к космоснимкам и ортофотопланам составленным из разновременных АФС.

На сегодняшний день в структуре земель заповедника болота и заболоченные земли занимают около 12,3%, леса и кустарники – 47,6%, бывшие сельскохозяйственные земли - 27,4%, под реками и водой – 8,0%, под дорогами, постройками, песками и прочими землями – 4,7%. Если сопоставить эти данные с данными по структуре угодий на момент создания заповедника (рис.3,4) видно, что намного увеличилась доля кустарников и древесной растительности.

В ходе выполненных исследований нами была проанализирована структура угодий в границах заказника на 1951, 1978, 1988 и 2008 гг. Разработан прогноз динамики экосистем Полесского ГРЭЗ до 2015 года (табл. 2, 3).

Таблица 1. Динамика трансформации основных угодий в границах Полесского ГРЭЗ за период 1988-2008 гг. (в га)

Виды угодий	Наровлянский район			Хойникский район			Брагинский район			Всего по заповеднику		
	1988	2003	2008	1988	2003	2008	1988	2003	2008	1988	2003	2008
Залежь осушенная	18660,9	8916,9	3670,3	36911,7	25491,4	9995,5	30216,1	14258,1	8948,7	85788,7	48666,4	22614,5
Залежь минеральная	8670,3	7675,4	5670,2	14841,1	10723,4	10309,4	10580,6	8712,6	7698,3	34092,0	27111,4	23677,9
Лугопастбищные	2774,3	388,8	387,9	3966,3	491,4	480,7	2203,7	610,6	593,0	8944,3	1490,8	1461,6
Болото пойменное (низинное)	2987,4	4577,1	5918,2	3722,3	7416,6	8730,1	1680,6	4696,6	5836,8	8390,3	16690,3	20485,1
Кустарник	175,6	3961,3	5211,7	1012,6	9817,4	11690,6	403,4	4028,4	4500,9	1591,6	17807,1	21403,2
Лес, в том числе хвойные (сосняки)	12914,5	17416,3	20126,2	8330,9	13411,2	19721,0	10870,8	16588,8	16903,7	32116,2	47416,3	56750,9
Мягколиственные (береза, ольха)	10960,6	13602,1	19252,7	11606,6	15060,2	19650,2	6328,9	12600,3	14668,7	28896,1	41262,6	53571,6
Под водой	1416,3	1618,6	1664,2	2252,9	3209,1	5686,5	916,9	2536,9	3967,1	4586,1	7364,6	11317,8
Под дорогами и постройками	1067,1	1036,4	1064,5	1112,9	1112,5	1112,4	710,1	689,7	684,0	2890,1	2838,6	2860,9
Пески (прочие)	3818,4	4272,1	499,1	4012,3	1379,8	736,6	-	-	920,8	7830,7	5651,9	2156,5
Торфоразработки	19,6	-	-	343,4	-	-	810,9	-	-	1173,9	-	-
Итого	63465	63465	63465	88113	88113	88113	64722	64722	64722	216300	216300	216300

Таблица 2. Прогноз динамики трансформации основных угодий Полесского ГРЭЗ за период 1988- 2015 гг. (в га)

Виды угодий	Наровлянский район				Хойникский район				Брагинский район				Всего по заповеднику			
	1988	2003	2008	2015	1988	2003	2008	2015	1988	2003	2008	2015	1988	2003	2008	2015
Залежь осушенная	18660,9	8916,9	3670,3	1916,2	36911,7	25491,4	9995,5	6458,8	30216,1	14258,1	8948,7	7383,6	85788,7	48666,4	22614,5	15758,6
Залежь минеральная	8670,3	7675,4	5670,2	910,6	14841,1	10723,4	10309,4	4296,3	10580,6	8712,6	7698,3	2390,7	34092,0	27111,4	23677,9	7597,6
Лугопастбищные	2774,3	388,8	387,9	120,6	3966,3	491,4	480,7	92,1	2203,7	610,6	593,0	189,6	8944,3	1490,8	1461,6	402,3
Болото пойменное (низинное), уч. загопления	2987,4	4577,1	5918,2	6310,7	3722,3	7416,6	8730,1	9860,7	1680,6	4696,6	5836,8	7214,9	8390,3	16690,3	20485,1	23386,3
Кустарник	175,6	3961,3	5211,7	6190,3	1012,6	9817,4	11690,6	13118,7	403,4	4028,4	4500,9	5610,3	1591,6	17807,1	21403,2	24919,3
Лес, в том числе хвойные (сосняки)	12914,5	17416,3	20126,2	22719,1	8330,9	13411,2	19721,0	22970,9	10870,8	16588,8	16903,7	18790,3	32116,2	47416,3	56750,9	64480,3
Мягколиственные (берёза, ольха)	10960,6	13602,1	19252,7	22516,9	11606,6	15060,2	19650,2	24114,3	6328,9	12600,3	14668,7	18211,6	28896,1	41262,6	53571,6	64842,8
Под водой уч. подтопления	1416,3	1618,6	1664,2	1727,7	2252,9	3209,1	5686,5	6110,8	916,9	2536,9	3967,1	4260,9	4586,1	7364,6	11317,8	12099,4
Под дорогами и постройками	1067,1	1036,4	1064,5	1052,9	1112,9	1112,5	1112,4	1090,4	710,1	689,7	684,0	670,1	2890,1	2838,6	2860,9	2813,4
Прочие в т.ч. пески	3818,4	4272,1	499,1	-	4012,3	1379,8	736,6	-	-	-	920,8	-	7830,7	5651,9	2156,5	-
Торфоразработки	19,6	-	-	-	343,4	-	-	-	810,9	-	-	-	1173,9	-	-	-
Итого	63465	63465	63465	63465	88113	88113	88113	88113	64722	64722	64722	64722	216300	216300	216300	216300

Таблица 3. Динамика изменений основных видов угодий в границах заповедника за период с 1988 года по 2008 год
(составлена по результатам автоматической классификации и компьютерного моделирования данных анализа
разновременных космоснимков систем Landsat 7 ETM+ 1988г. и Terra-ASTER 2008 гг.)

Виды угодий	1988 год		2008 год		Изменения	
	%	га	%	га	%	га
Залежь осушенная	39,7	85788,7	10,5	22614,5	-29,2	-63174
Залежь минеральная	15,8	34092,0	10,9	23677,9	-4,8	-10414
Лугопастбищные	4,1	8944,3	0,7	1461,6	-3,5	-7482,7
Болото пойменное (низинное) и уч. подтопл.	3,9	8390,3	9,5	20485,1	+5,6	12094,8
Кустарник	0,7	1591,6	9,9	21403,2	+9,2	19811,6
Лес, в том числе хвойные (сосняки)	14,8	32116,2	26,2	56750,9	+11,4	24634,7
мягколиственные (береза, ольха)	13,4	28896,1	24,8	53571,6	+11,4	24645,5
Под водой и уч. затопл.	2,1	4586,1	5,2	11317,8	+3,1	6731,7
Под дорогами и постройками	1,3	2890,1	1,3	2860,9	0,0	-29,2
Прочие в т.ч. пески	3,6	7830,7	1,0	2156,5	-2,6	-5674,2
Торфоразработки	0,5	1173,9	-	-	-0,5	-1173,9
Итого	100	216300	100	216300	-	-

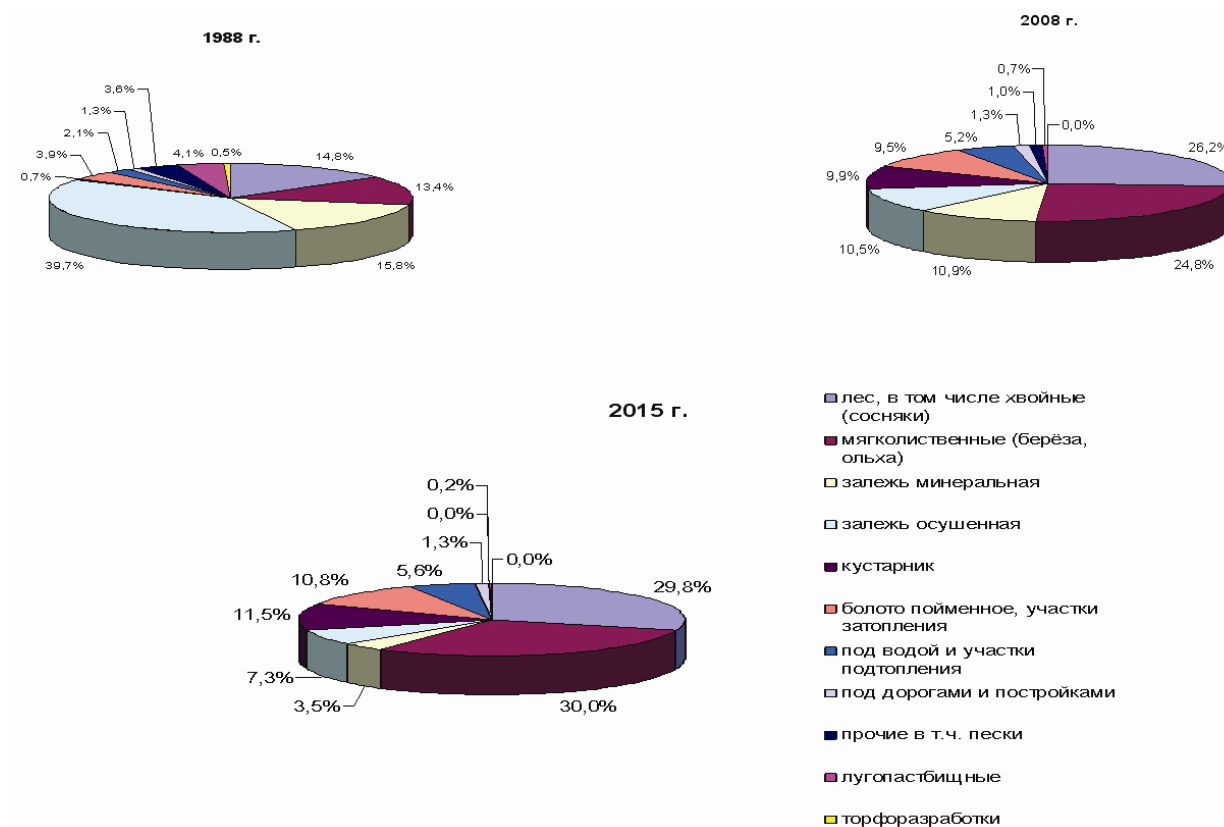


Рис. 3. Структура основных видов угодий в границах Полесского ГРЭЗ в 1988, 2008 и 2015 гг. (прогноз)

Из прогнозных аспектов отметим следующее. *Мелиорированные залежи* по-прежнему будут покрываться кустарниковой и древесной растительностью и частично заболачиваться. За счет этого возрастет площадь кустарников и болот на 3516,1 га и 2901,2 га соответственно. *Залежи на минеральных почвах* также сократятся на 16080,3 га за счет закустаривания, посадки лесных культур и естественного зарастания древесной растительностью и это является самым заметным прогнозируемым изменением. По нашему мнению участки песков и прочих земель целесообразно постепенно передавать под облесение, что значительно повысит экологическую устойчивость ландшафтного заказника. Сократится площадь *лугопастбищных угодий* на 1059,3 га (0,5%) за счет перехода их в кустарник, затопления (под водой) и заболачивания. Постепенно будет происходить трансформация песчаных земель, прочих, малопродуктивных лугопастбищных закустаренных угодий и высохших болот под покрытую лесом площадь, за счет посадки леса и естественного зарастания малоценными насаждениями.

Сохранение и восстановление лесов в пределах пойменной террасы, облесение песков и бросовых земель является очень важным для поддержания, сохранения и оптимизации экологических систем естественных и окультуренных ландшафтов ПГРЭЗ.

Одной из проблем остается большое количество пожаров на территории заповедника. Пожары наносят значительный урон растительности, речным системам, что приводит к гибели редких видов флоры и фауны. В большой степени эти пожары возникают из-за несанкционированного посещения территории заповедника. Ландшафтная уникальность и экологическая значимость Полесского ГРЭЗ во многом определяется природными условиями его расположения, в том числе особенностями ландшафта и гидрологического режима ее водосбора, поймы и русла Припяти.

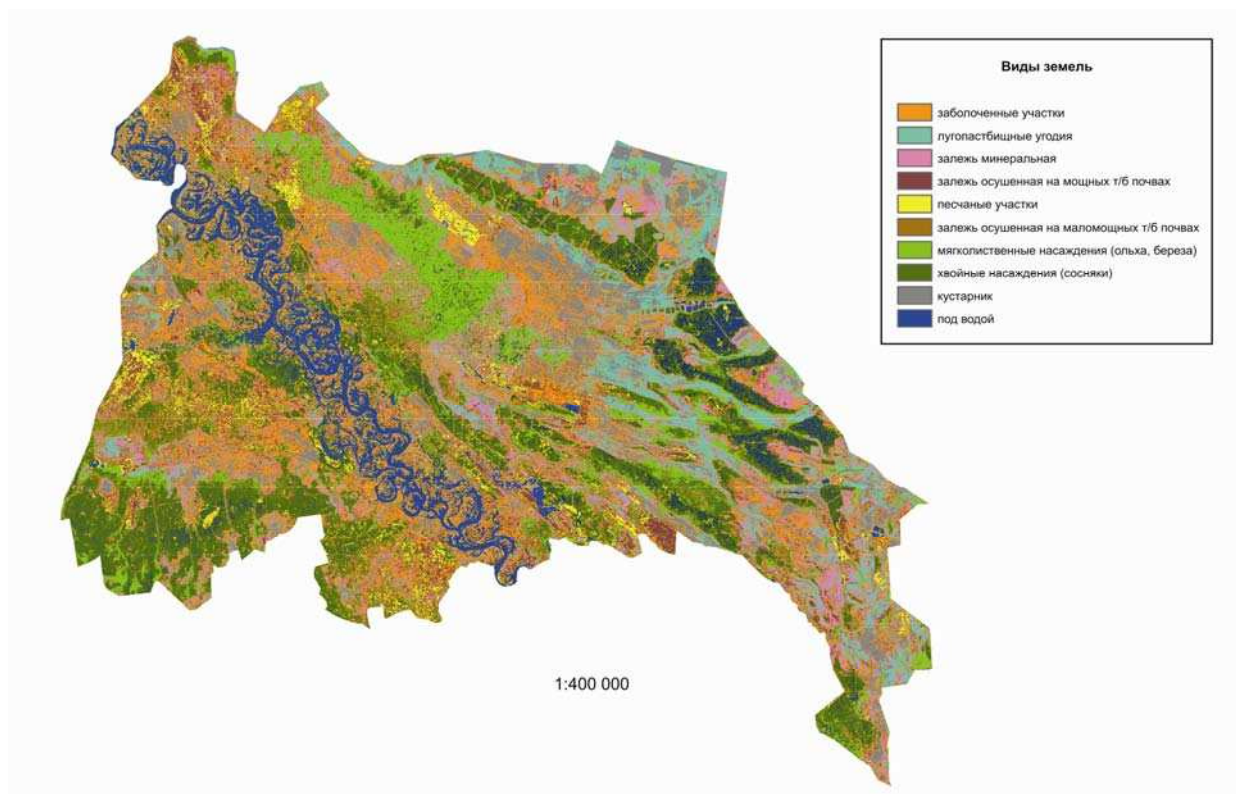


Рис. 4. Фрагмент классифицированного КС Terra/Aster 19.08.2008 г. на территорию Полесского ГРЭЗ

В последние десятилетия на территории Полесского ГРЭЗ произошли существенные изменения. Это связано с прекращением сельскохозяйственной деятельности в пределах территории заповедника. Это повлекло постепенное зарастание бывших сельскохозяйственных угодий кустарником. Проведенные гидротехнические мероприятия на мелиоративных системах заповедника с целью аккумуляции стока, негативно повлияли на гидрологический режим региона. Вследствие этого оказались затопленными и заболоченными значительные участки территории Полесского ГРЭЗ. На многих участках произошло образование водоемов болотных типов. Под водой оказались многие участки лугопастбищных угодий, мелиорированных земель. Начался постепенный процесс деградации отдельных лесных участков заказника расположенных в пониженных элементах рельефа. Хотя этот процесс не настолько динамичен как появление кустарника на ранее открытых площадях, однако эта негативная тенденция четко прослеживается.

Применение космических снимков высокого разрешения позволяет получить информацию о состоянии экосистем, отличающуюся принципиально новой значимостью. Внедрение разработок, выполненных в рамках задания, позволит осуществлять мониторинг природных экосистем Полесского ГРЭЗ с целью предупреждения и минимизации негативных последствий антропогенного влияния на мелиоративные системы и экосистемы заповедника в целом, а в случае критических ситуаций принимать своевременные и верные решения.

The estimation of modern condition of the state radiating-ecological reservation «Polessky» natural complexes and elaboration of the forecast of dynamics based of GIS-analysis of retrospective aero and space images and selective land data

V.R. Pontus, A.R. Pontus, I.A. Tyashkevich, I.M. Bulavik, V.A. Sipach, J.A. Shulyak, T.V. Gridina, O.N. Samoilenko, E.N. Gorbacheva, V.P. Timovec

*The Republican Unitary Enterprise “Kosmoaerogeology”
Research Institute of Radiology*

The basic results of ecosystems modern condition and dynamic of changes estimation of the subjected to considerable radiating pollution region are stated. The parameters of changes in the reservation ecosystems structure have been defined and the estimation of the modern condition, forecast of ecosystems transformations dynamic is given on the basis of retrospective space images including space images of high resolution, selective land data and special software of space information processing on the platform of ArcView GIS, Erdas Imagine and ENVI.

Keywords: radiating pollution, reservation, space images of high resolution, modern condition, forecast of dynamics of transformations.