



грант БРФФИ  
№ Б18Р-163

**РАЗРАБОТКА  
НАЗЕМНО-ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ  
ВЫЯВЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ БИОТОПОВ ЛЕСОВ И  
ДРУГИХ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ  
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Д. Груммо**  
Р. Цвирко,

С. Русецкий,  
Е. Гаврилюк  
Н.А. Зеленкевич,

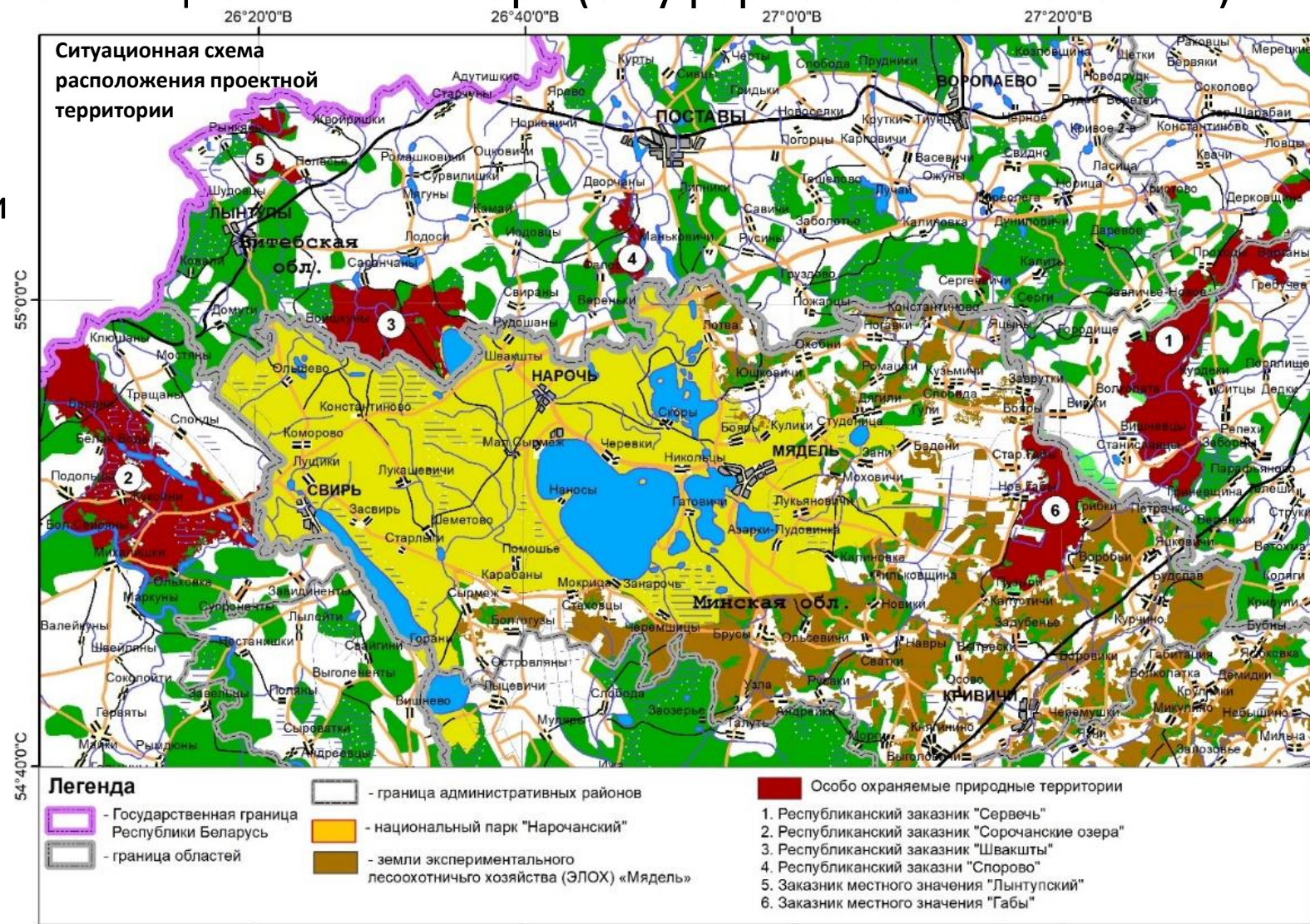
А. Новиков,

- **Цель исследования** – разработка методов выявления ключевых биотопов лесных и других наземных экосистем на примере Национального парка «Смоленское Поозерье» (Российская Федерация) и Национального парка «Нарочанский» (Республика Беларусь) с помощью геопространственного анализа данных наземных обследований, дистанционных съемок различной детальности и характеристик экотопа.

- Проектная территория (ПТ) расположена (WGS-84) между 54032'–55002' с.ш. и 25058'–27040' в.д.
- Ядро проектной территории – национальный парк «Нарочанский».
- При планировании района и объектов исследования нами целенаправленно была рассмотрена территория больше чем национальный парк (с буферной зоной 15–30 км) для того что бы:

- а) выделить природно-территориальные комплексы для включения в состав земель особо охраняемой природной территории (ООПТ) в ближайшей перспективе;
- б) увеличить объем наземных данных по редко встречающимся в регионе местообитаниям и тем самым повысить точность геоинформационной модели вероятностной оценки выявления ключевых биотопов модельных территорий.

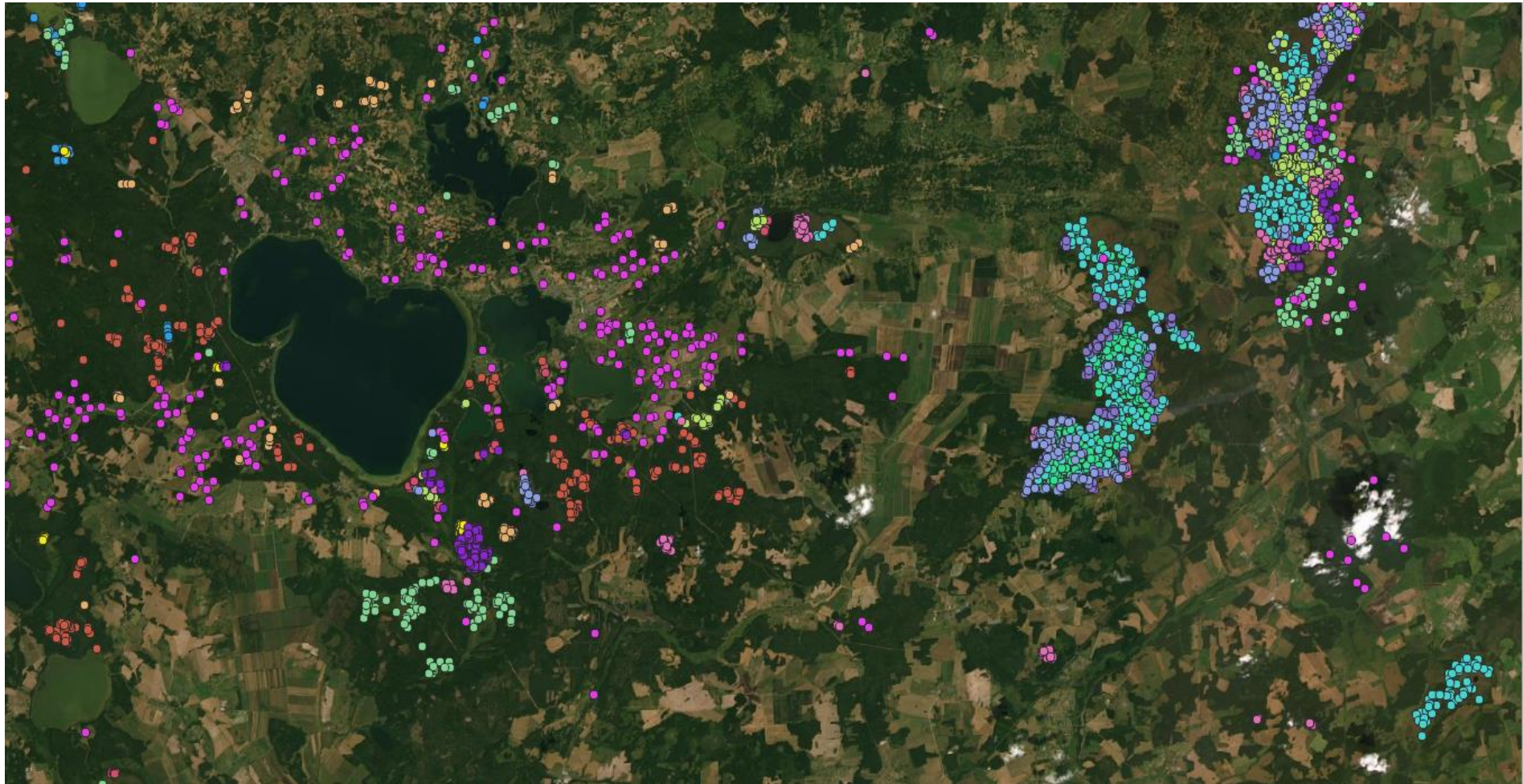
- Максимальная протяженность с севера на юг – 56,8 км, с запада на восток – 96,7 км. Общая площадь составляет 572,8 тыс.га.



- Для исследования были выбраны 13 ключевых биотопов согласно классификации EUNIS:

Код биотопа EUNIS	Наименование биотопа EUNIS
D1.111	Кочки, гряды и ковры верхового болота
D2.39	Ковры с вахтой трехлистной [ <i>Menyanthes trifoliata</i> ] и сабельником болотным [ <i>Comarum palustre</i> ]
D2.3B	Осоково-гипновые низинные болота
D4.15	Богатые низинные болота с осоками двудомной [ <i>Carex dioica</i> ] и желтой [ <i>C. flava</i> ]
G1.21	Периодически затопляемые ясенево-черноольховые [ <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Alnus glutinosa</i> ] влажные леса в поймах рек
G3.42112	Субконтинентальные сосновые [ <i>Pinus sylvestris</i> ] лишайниковые леса
G3.D11	Бореальные сосновые [ <i>Pinus sylvestris</i> ] багульниковые [ <i>Ledum palustre</i> ] болотные леса
G3.D13	Бореальные сосновые [ <i>Pinus sylvestris</i> ] пушицево-сфагновые болотные леса
G3.D23	Бореальные сосновые [ <i>Pinus sylvestris</i> ] сфагновые леса на низинных болотах богатого минерального питания
G3.D3	Бореальные сосновые [ <i>Pinus sylvestris</i> ] гипновые леса на низинных болотах
G5.64	Слабооблесенные верховые болота на ранних стадиях формирования болотных лесов
G5.64(?)	Слабооблесенные переходные болота на ранних стадиях формирования болотных лесов
X04	Комплексы растительности на верховом болоте

- **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.**
- Для обучения:
- Стратифицированные наборы точек, извлеченные из полигонального слоя эталонных участков биотопов, сформированного на основе более чем 500 полевых геоботанических описаний путем дешифрирования материалов космосъемки пространственного разрешения 1-10 м.
- Для каждого класса эталонов случайным образом нами сформирована тренировочная (70 %) и тестовая выборки (30 %).



- **Для геопространственного моделирования:**

- *Спутниковые данные.*

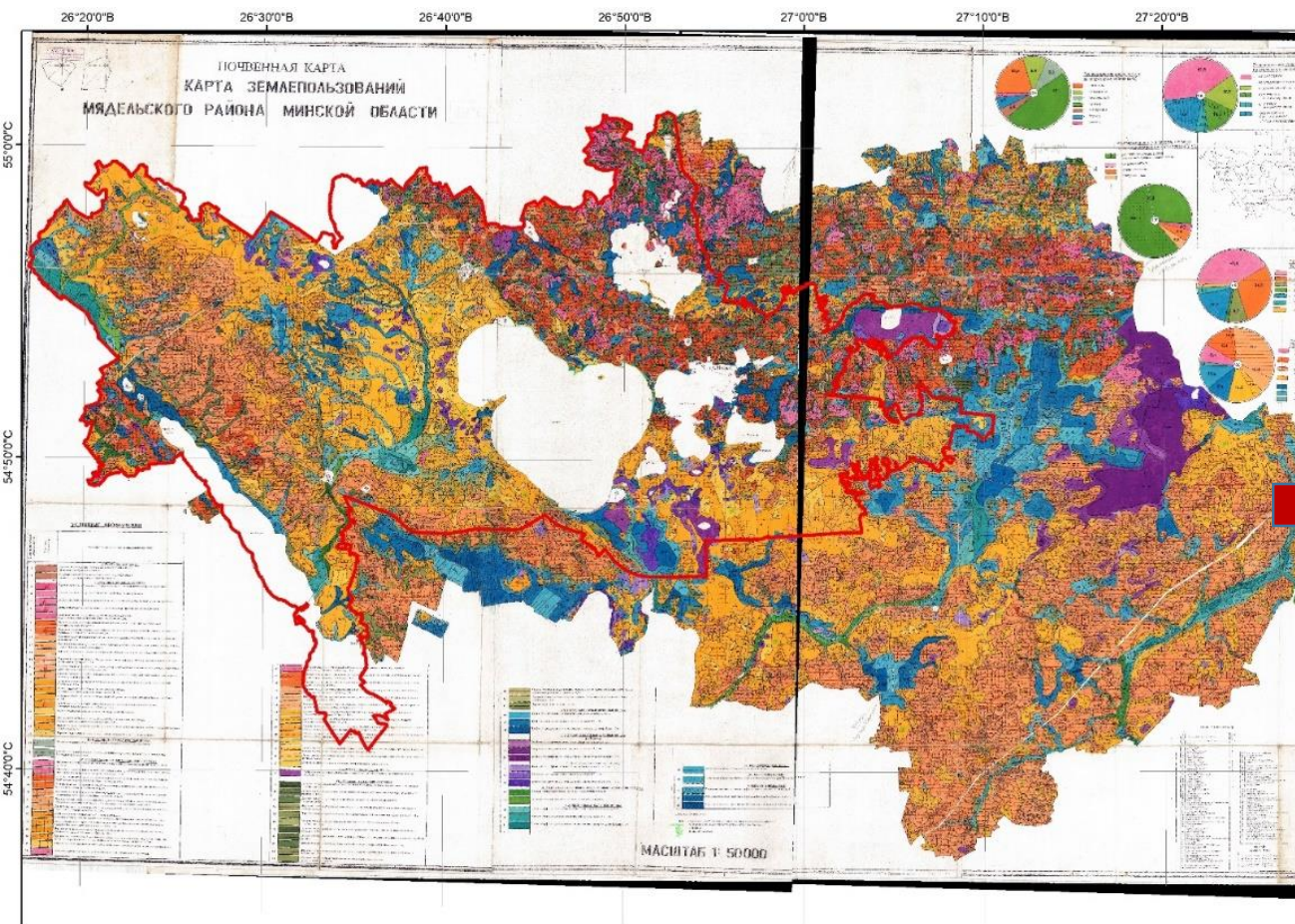
Шесть разносезонных (12 августа и 26 сентября 2017 г., 9 мая и 14 октября 2018 г., 2 апреля и 19 апреля 2019 г.) безоблачных сцен (из открытого онлайн-архива Европейского космического агентства (ESA)).

- *Почвенные характеристики.*

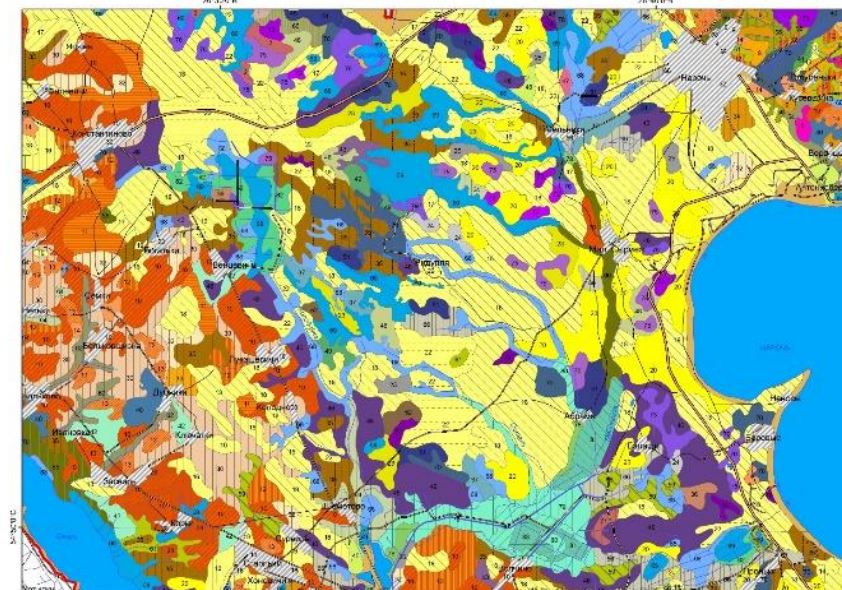
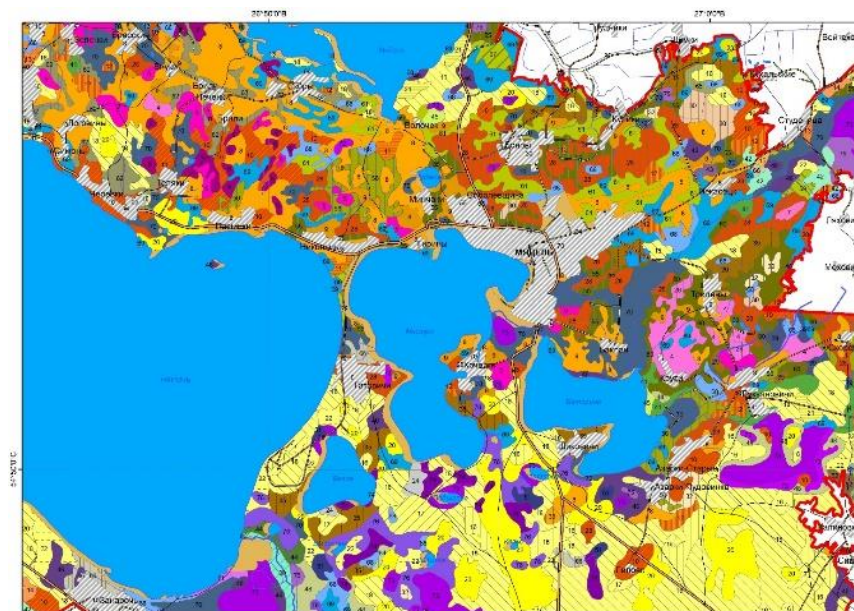
Карты почв землепользований Мядельского района.

Информация, содержащаяся в карте, использовалась для создания тематических баз данных.

- Для этого выполнялись следующие работы: сканирование фондового картографического материала, геопривязка, векторизация данных и добавление атрибутивной информации.



**Аналоговая карта почв Мядельского района  
Минской области (М 1:50 000)**



**Векторная карта почв Мядельского района  
Минской области (М 1:50 000)**

- На втором этапе векторную тематическую карту почв проектной территории преобразовали для каждого модельного биотопа в бинарные растровые изображения, в которых значения каждого пикселя условно кодировали как «0» (почвенные признаки не соответствуют данному типу биотопа) и «1» (почвенные признаки соответствуют данному типу биотопа).

D1.111



G3.42112



G5.64



D2.39



G3.D11



G5.64B



D2.3B



G3.D13

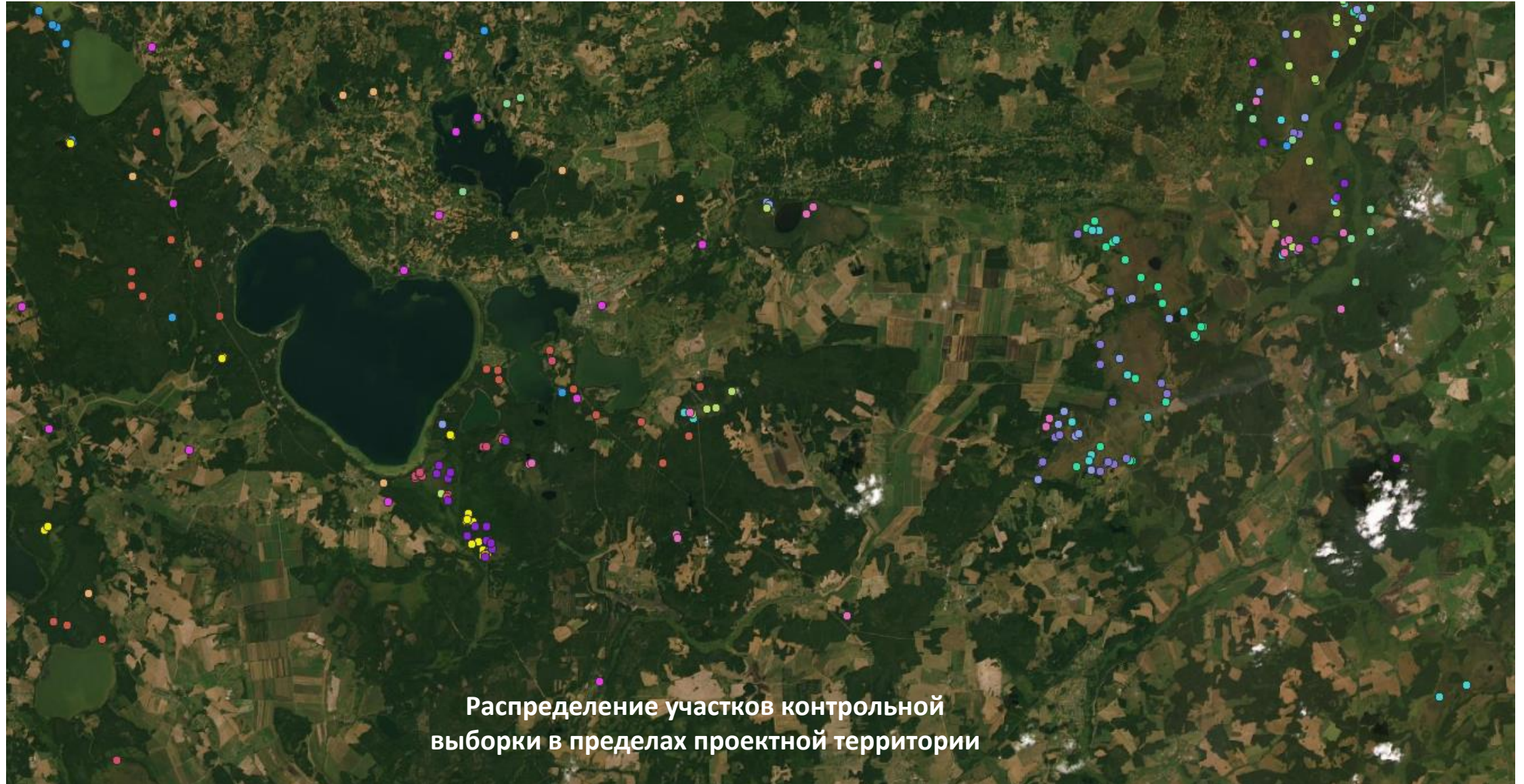


X04





- Для валидации результатов:
- Геопространственная база данных из более чем 300 временных учетных площадок размером 10x10 м, заложенных в период с 2004 по 2018 годы.

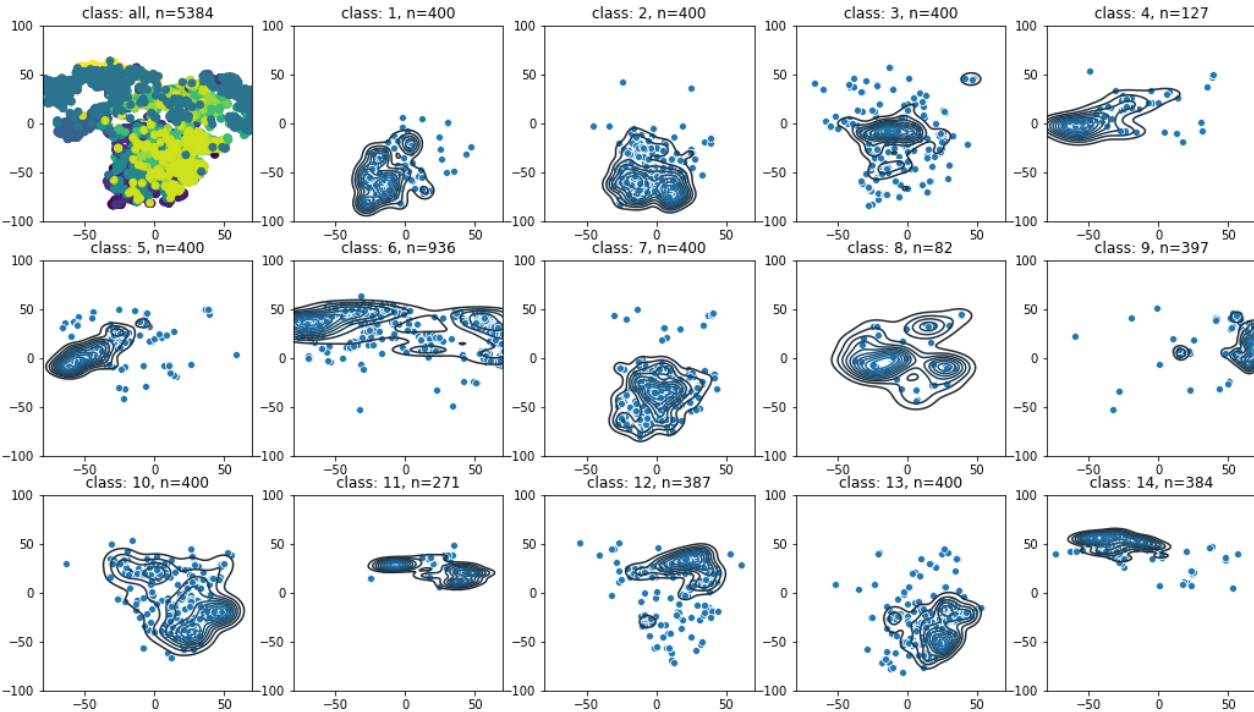


## • МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ

### • Для формирования обучающей выборки:

- 1. Автоматическая сегментация спутниковых изображений алгоритмом SNIC (Simple Non-Iterative Clustering) (Achanta, Susstrunk, 2017).
- 2. Пересечение результатов сегментации и сети эталонных участков.
- 3. Формирование стратифицированной случайной выборки точек (центров сегментов) в пределах групп биотопов с соблюдением следующих условий:
  - минимальное расстояние между точками не менее 50 м (для минимизации эффекта пространственной скореллированности) и таким же минимальным отступом от границы полигона (для устранения «краевого эффекта»).
- 4. Формирование контрольной выборки путем изъятия из обобщенной выборки в качестве контроля по 20 точек для каждого класса.
- 5. Формирование обучающей выборки путем удаления из оставшейся части точек, лежащих в буфере 100 метров от контрольных.

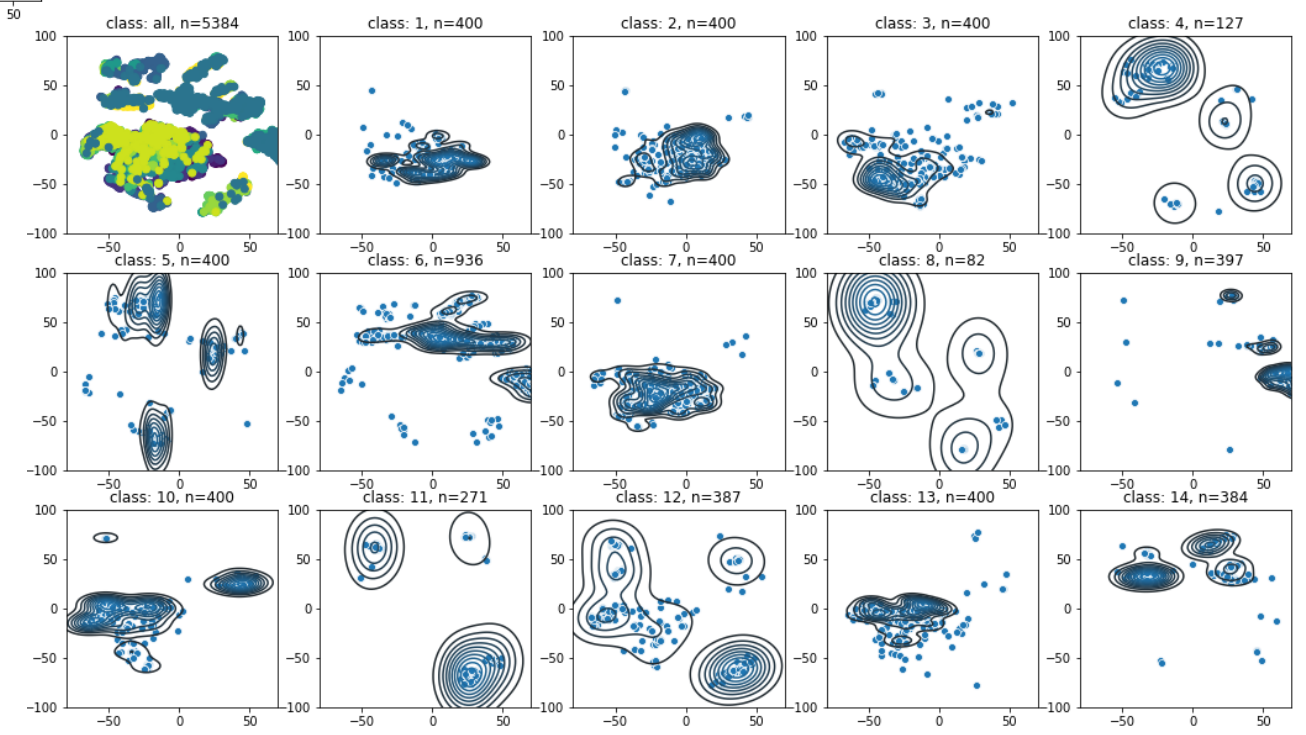
- **Для геопространственного моделирования:**
  - 1. Вероятностная классификация методом случайных лесов – Random Forest (Breiman, 2001).
  - 2. Оценка информативности рабочего набора переменных.
- **Для валидации результатов:**
  - 1. Оценка качества полученной классификационной модели по матрице ошибок, получаемой в процессе обучения случайных лесов стандартным методом Out-of-Bag (OOB).
  - 2. Расчет показателей Бриера (Brier, 1950) и величин площади под ROC-кривой (Bradley, 1997), которые характеризуют качество вероятностных оценок, для каждого типа биотопов.
  - 3. Сравнение результатов классификации с данными контрольной выборки
  -
- **Для оптимизации модели:**
  - 1. Объединение близких тематических классов с высокой степенью «сопряжения».
  - 2. Оценка оптимальных порогов вероятности определения каждого класса по критерию минимума ошибок классификации.



Для предварительного анализа разделимости классов в пространстве спектральных и почвенных признаков были построены визуальные представления распределений точек данных с помощью алгоритма t-SNE (Стохастическое вложение соседей с t-распределением) (van der Maaten, Hinton, 2008), позволяющего проецировать многомерные данные на двумерное пространство

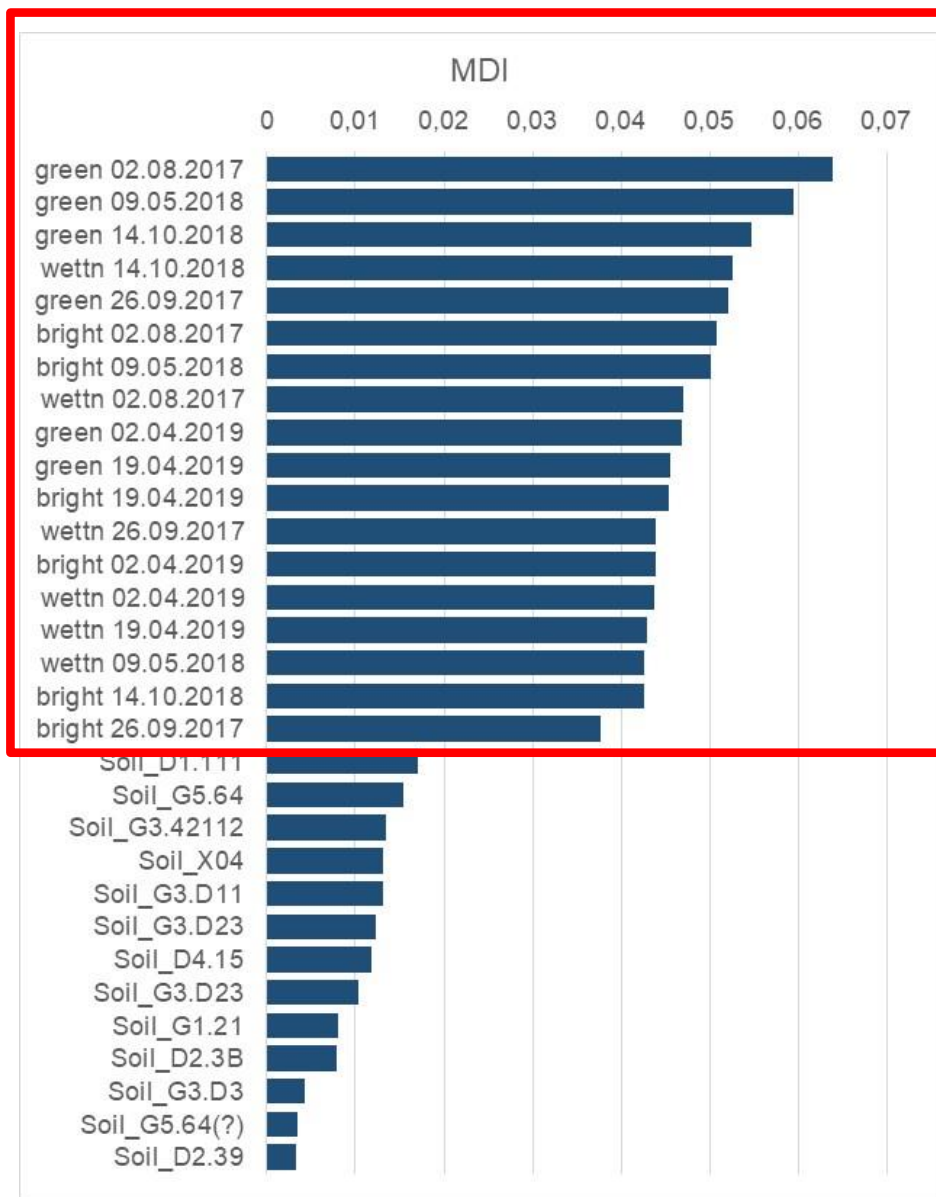
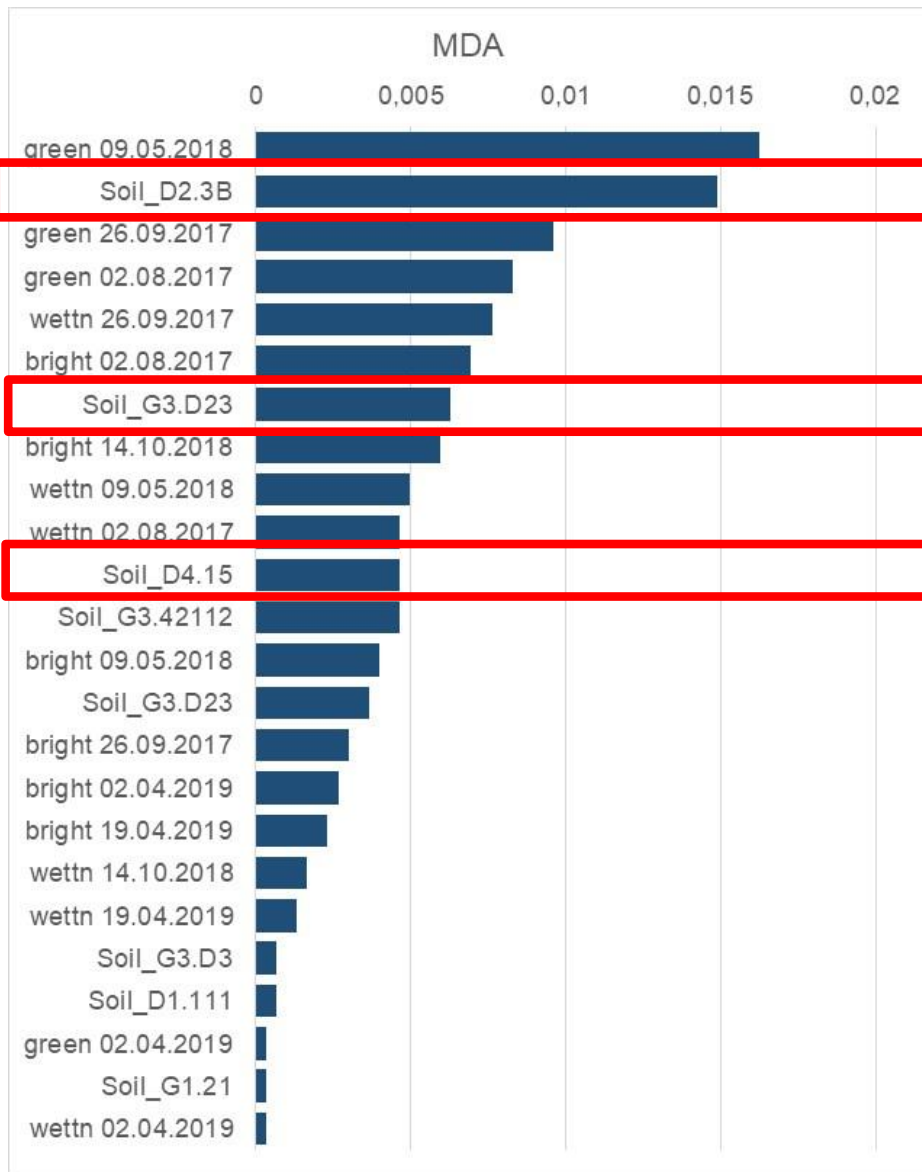
**Распределение тестовых участков в пространстве спектральных и почвенных признаков**

**Распределение тестовых участков в пространстве спектральных и почвенных признаков**



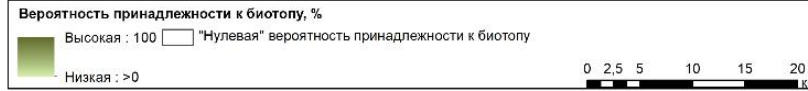
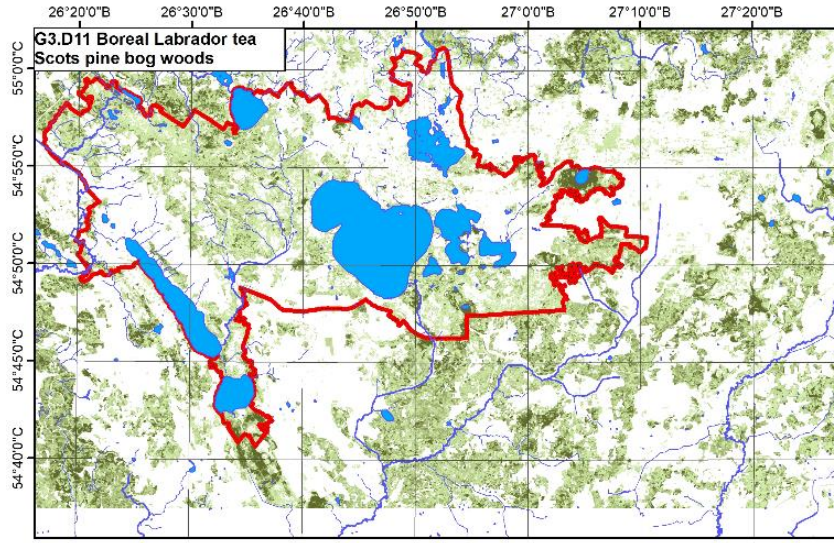
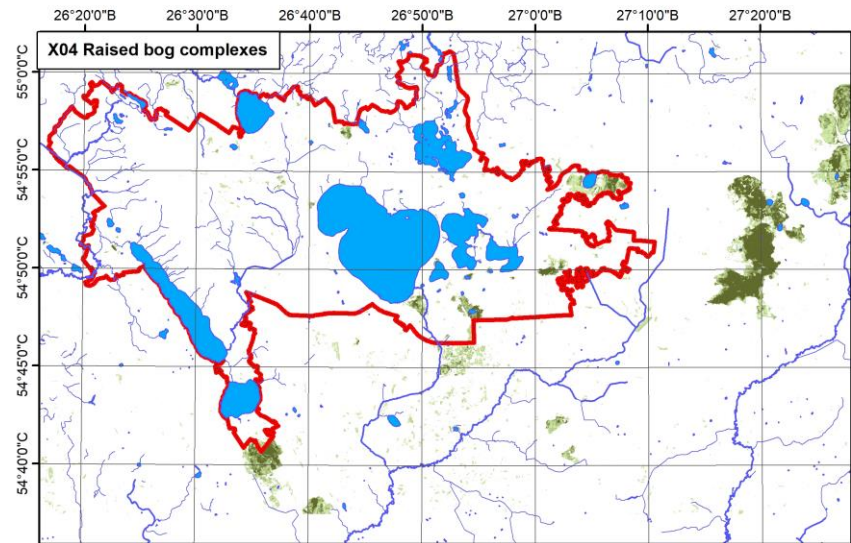
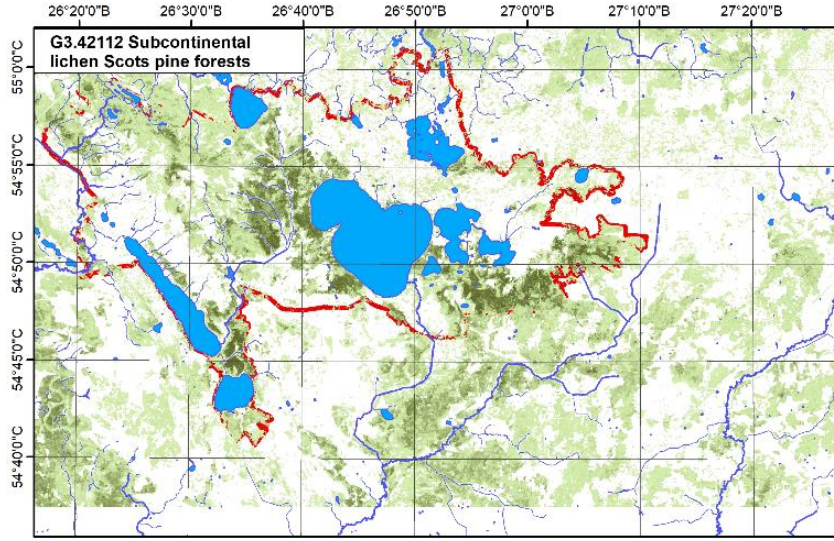
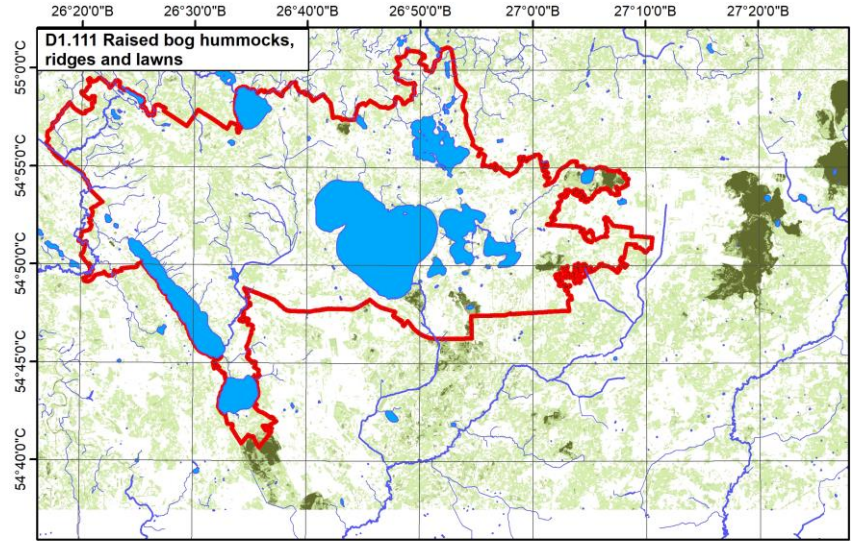
## • **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА ПЕРЕМЕННЫХ**

- В качестве переменных при обучении классификационной модели использовались медианные значения спектральных и почвенных признаков, рассчитанные в пределах сегментов входного изображения соответствующих отобранным эталонным участкам.
  - Степень информативности каждой из переменных, оценивалась на основе критериев MDA – Mean Decrease in Accuracy и MDI – Mean Decrease in Impurity.
- Поскольку высоко значимые признаки отмечаются в обеих группах и общее их количество не слишком велико для выбранного метода классификации (31), то для построения финальной классификационной модели решено использовать полный набор переменных.



**Информативность переменных в процессе обучения классификационной модели (“больше – лучше”) по критериям MDA и MDI**

- По результатам классификации было получено 13 тематических изображений территории национального парка и его окрестностей с пространственным разрешением 20 м, характеризующие вероятность отнесения каждого пикселя к одному из 14 типов биотопов.



Вероятностные оценки пространственного распределения биотопов в пределах проектной территории

- Качество классификационной модели, оценивалось стандартным для случайных лесов методом out-of-bag (OOB), когда случайная выборка для построения дерева решений генерируется с помощью бутстрепа (т.е. с возвращением элементов), а та часть измерений, которая не попала в эту выборку, используется в качестве контрольных данных.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	всего	U_acc
		X04	D1.111	D2.39	D4.15	D2.3B	Прочие	G5.64	G5.64B	G3.42112	G3.D11	G3.D23	G3.D3	G3.D13	G1.B31		
1	X04	292	64	14	0	0	0	17	1	0	3	0	1	8	0	400	0,73
2	D1.111	104	204	34	0	1	0	30	1	1	6	0	0	19	0	400	0,51
3	D2.39	19	19	276	0	18	8	21	0	0	15	1	5	17	1	400	0,69
4	D4.15	0	0	0	72	34	4	0	5	0	0	4	8	0	0	127	0,57
5	D2.3B	2	2	6	9	328	29	4	3	0	8	4	4	0	1	400	0,82
6	Прочие	0	1	3	1	24	705	0	1	107	8	4	14	0	67	935	0,75
7	G5.64	17	45	44	0	0	2	235	1	0	9	0	2	45	0	400	0,59
8	G5.64B	0	0	0	2	8	1	3	56	0	2	2	3	4	1	82	0,68
9	G3.421																
	12	0	0	1	0	0	69	1	0	324	0	1	1	0	0	397	0,82
10	G3.D11	1	3	15	0	4	12	22	1	0	264	0	19	58	1	400	0,66
11	G3.D23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	247	22	0	0	271	0,91
12	G3.D3	3	4	5	2	8	4	9	2	0	37	32	269	11	0	386	0,70
13	G3.D13	14	17	16	0	2	2	49	0	0	50	1	5	244	0	400	0,61
14	G1.B31	0	0	1	0	1	61	0	0	0	0	0	1	0	320	384	0,83
всего		452	359	415	86	428	898	391	71	432	403	296	354	406	391	5382	
P_acc		0,646	0,568	0,665	0,837	0,766	0,785	0,601	0,789	0,75	0,655	0,834	0,76	0,601	0,818		0,71
		0,084	0,067	0,077	0,016	0,08	0,167	0,073	0,013	0,08	0,075	0,055	0,066	0,075	0,073		

Примечания. U\_Acc – User’s Accuracy (или Recall) – точность пользователя карты, характеризует величину ошибок I рода; F 1 – среднее гармоническое между U\_Acc и P\_Acc, интегральная мера точности классификации для каждого из тематических классов; P\_Acc – Producer’s Accuracy (или Precision) – точность производителя карты, характеризует величину ошибок II рода. Жирным шрифтом отмечена главная диагональ матрицы, показывающая количество случаев совпадения классов производителя и пользователя карты (правильная классификация). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно распознанных случаев (пересечение столбца и строки “Всего”), а их отношение к общему количеству случаев показывает общую точность классификации в процентах.

## OOB-матрица ошибок, полученная в процессе обучения классификационной модели случайных лесов



- Значения площади под ROC-кривой, определяющие точность вероятностных оценок, для ключевых биотопов находятся в пределах от 90 до 100%, а показатели Бриера не превосходят величины 0.05, что можно интерпретировать как достаточно надежный результат.
- С использованием оптимальных пороговых значений вероятностей мы оценили потенциальные площади, занимаемые ключевыми лесными биотопами модельной территории.

№ биотопа	Код биотопа EUNIS	AUC	Brier	порог вероятности	Площадь, га
1	X04	0,95	0.0403	0.6265	1011,2
2	D1.111	0,9	0.0444	0.3976	6972,1
3	D2.39	0,94	0.0372	0.7309	500,9
4	D4.15	0,99	0.0129	0.3227	52,0
5	D2.3B	0,97	0.0321	0.5382	7271,3
6	Прочие	0,97	0.0500	0.3025	не рассчитывали
7	G5.64	0,96	0.0337	0.4618	548,7
8	G5.64B	1	0.0085	0.2731	132,0
9	G3.42112	0,96	0.0269	0.7430	1475,8
10	G3.D11	0,98	0.0254	0.6627	1799,7
11	G3.D23	1	0.0056	0.3439	94,4
12	G3.D3	1	0.0140	0.6386	1194,7
13	G3.D13	0,95	0.0316	0.3293	2109,9
14	G1.B31	1	0.0114	0.3574	1231,9

Примечания. AUC – Area under ROC-curve – доля площади по ROC-кривой (больше – лучше); Brier – показатель Бриера, изменяется от 0 до 1 (меньше – лучше); Порог вероятности – оптимальное значение вероятности, при котором минимизируется количество ошибок классификации

### **Основные характеристики полученных вероятностных оценок пространственного распределения ключевых биотопов на территории национального парка**

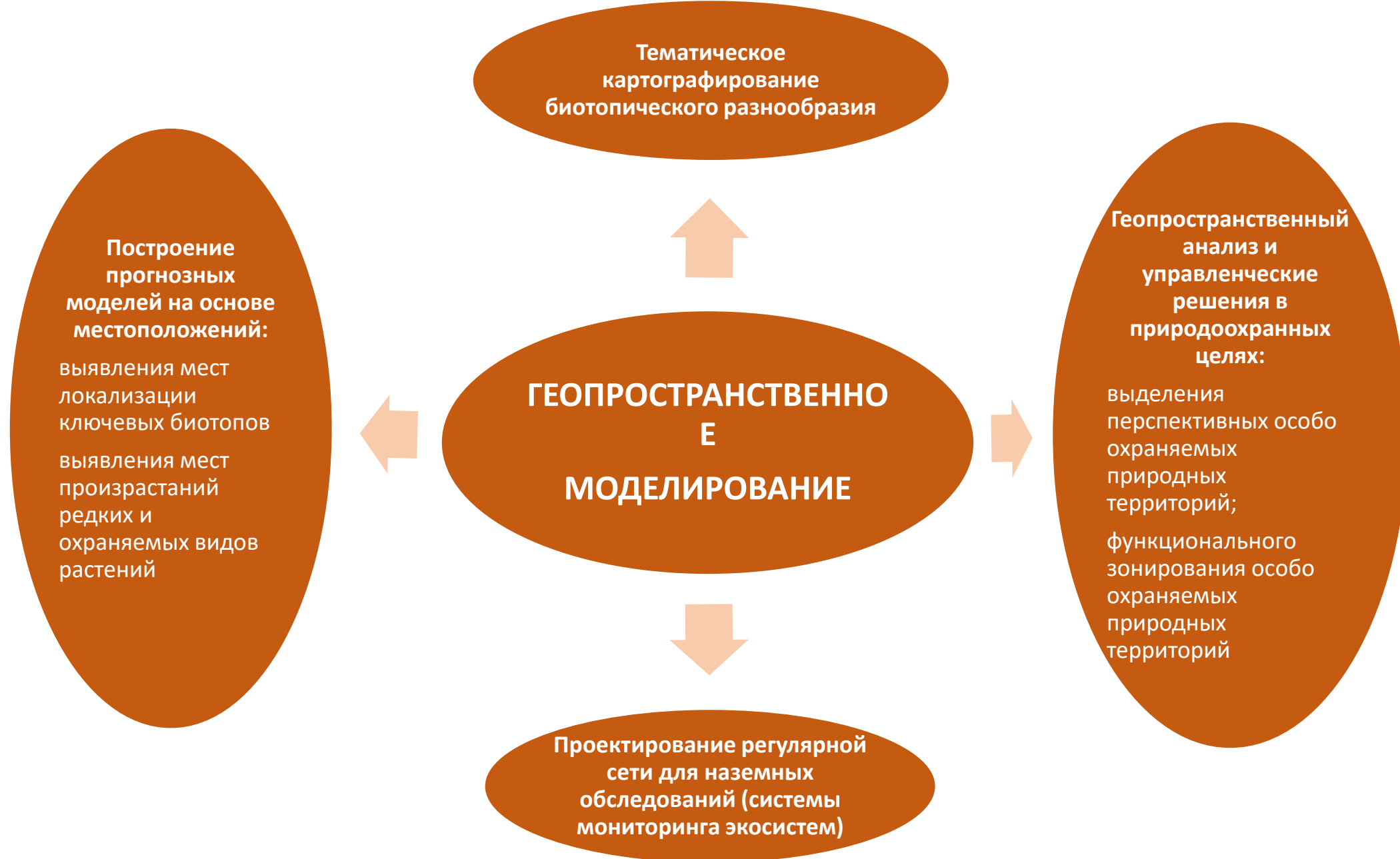
- Для улучшения точности классификационной модели было выполнено объединение наиболее спутываемых классов (1+2, 4+5, 7+13) и применено пороговое отсечение, после чего, общая площадь территории однозначно отнесенной к какому-либо из 10 тематических классов сократилась на 24%, при этом точность, достигаемая на оставшейся территории повысилась до 89%.

	1+2	3	4+5	6	7+13	8	9	10	11	12	14	всего	U_acc	F1
1+2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	26	0,96	0,91
3	2	7	2	0	1	0	0	0	0	0	0	12	0,58	0,74
4+5	0	0	34	4	0	0	0	0	0	0	0	38	0,89	0,89
6	0	0	2	31	0	0	2	0	0	0	1	36	0,86	0,79
7+13	2	0	0	0	22	0	0	2	1	0	0	27	0,81	0,88
8	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	1	1
9	0	0	0	3	0	0	11	0	0	0	0	14	0,79	0,81
10	0	0	0	1	0	0	0	13	0	0	0	14	0,93	0,9
11	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	1	0,98
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	19	1	0,97
14	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	17	20	0,85	0,89
всего	29	7	38	42	23	20	13	15	21	20	18	246		
P_acc	0,86	1	0,89	0,74	0,96	1	0,85	0,87	0,95	0,95	0,94		0,89	

Примечания. U\_Acc – User’s Accuracy (или Recall) – точность пользователя карты, характеризует величину ошибок I рода; F1 – среднее гармоническое между U\_Acc и P\_Acc, интегральная мера точности классификации для каждого из тематических классов; P\_Acc – Producer’s Accuracy (или Precision) – точность производителя карты, характеризует величину ошибок II рода. Жирным шрифтом отмечена главная диагональ матрицы, показывающая количество случаев совпадения классов производителя и пользователя карты (правильная классификация). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно распознанных случаев (пересечение столбца и строки “Всего”), а их отношение к общему количеству случаев показывает общую точность классификации в процентах.

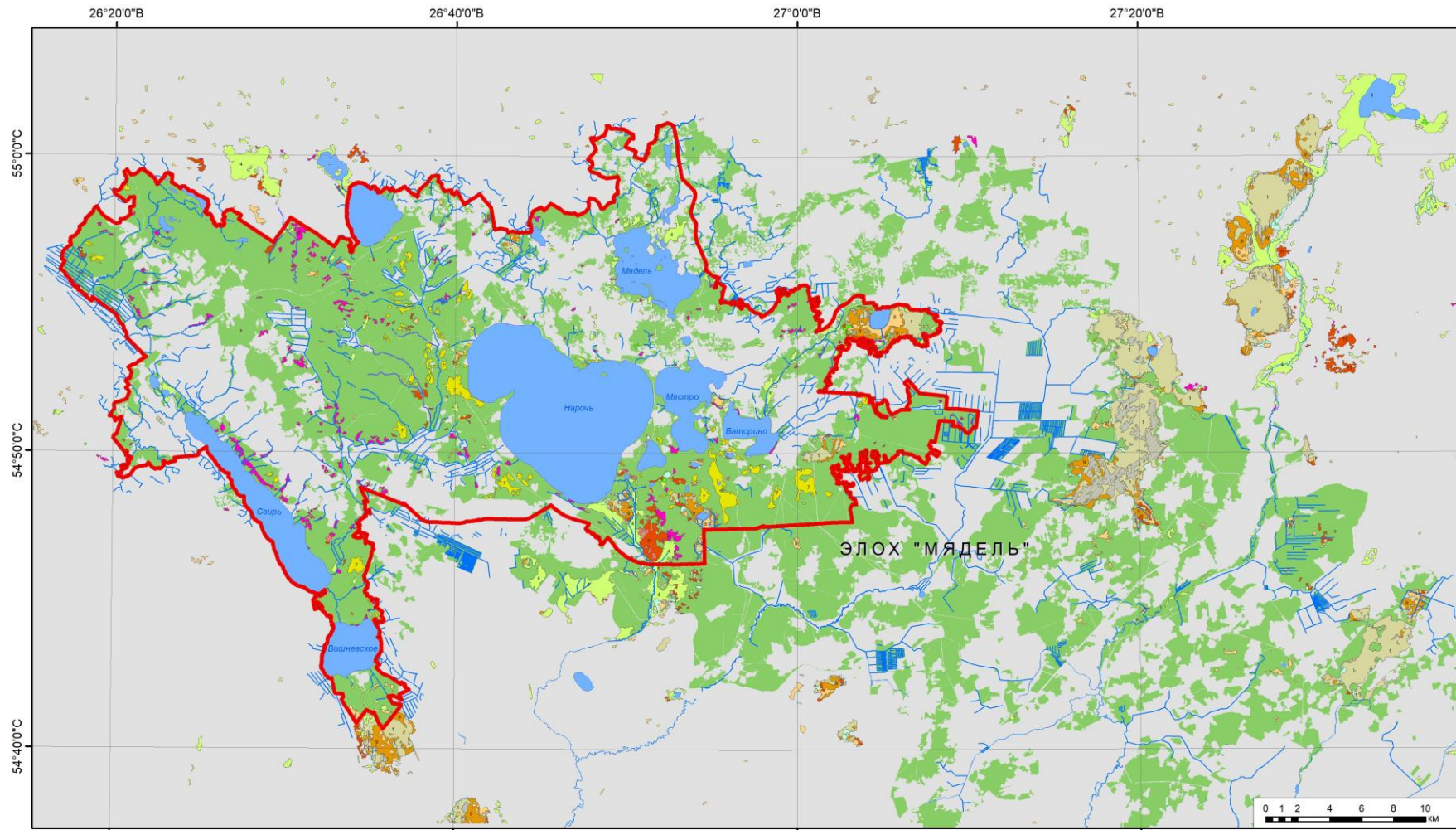
**Матрица ошибок, полученная при сравнении результатов тематической классификации с данными контрольной группы**

- **ПРИКЛАДНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ: РЕЗУЛЬТАТ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**
- Пересечение областей результатов моделирования и геоинформационных систем является новой отправной точкой для изучения и более глубокого понимания анализа пространственных данных и позволяет создавать большое количество картографических тематических продуктов, имеющих прикладное значение.



**Концептуальная схема формирования тематических картографических продуктов при пересечении областей машинного обучения и геоинформационных систем**

# ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БИОТОПИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ



Карты распространения  
ключевых биотопов тестовой  
выборки, составленная на  
основе геопространственного  
моделирования (М 1:250 000)

## ЛЕГЕНДА

### Модельные (ключевые) биотопы D. MIRES, BOGS AND FENS / БОЛОТА ВЕРХОВЫЕ, ПЕРЕХОДНЫЕ, НИЗИННЫЕ

- 1. D1.111 Raised bog hummocks, ridges and lawns / Кочки, кряды и ковры верхового болота
- 2. X04 Raised bog complexes / Комплексы растительности на верховом болоте
- 3. D2.39 Bog bean and marsh cinquefoil rafts / Ковры с вахтой трехлистной [Menyanthes trifoliata] и сабельником болотным [Comarum palustre]

4. D2.3B Brown moss carpets / Осоково-типиновые низинные болота

5. D4.15 Diocious, flea, and yellow sedge fens / Богатые низинные болота с осоками двудомной [Carex dioica] и желтой [C. flava]

### G. WOODLAND, FOREST AND OTHER WOODED LAND / ЛЕСА И ДРУГИЕ ПОКРЫТЫЕ ЛЕСОМ ЗЕМЛИ

- 6. G1.21 – Riverine Fraxinus - Alnus woodland, wet at high but not at low water / Периодически затопляемые ясенево-черноольховые [Fraxinus excelsior, Alnus glutinosa] влажные леса в поймах рек
- 7. G3.42112 Subcontinental lichen Scots pine forests / Субконтинентальные сосновые [Pinus sylvestris] лишайниковые леса

8. G3.D11 Boreal Labrador tea Scots pine bog woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] багульниковые [Ledum palustre] болотные леса

9. G3.D13 Boreal cottonsedge Scots pine bog woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] пушицево-сфагновые болотные леса

10. G3.D23 Boreal neutrocline sphagnum Scots pine fen woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] сфагновые леса на низинных болотах богатого минерального питания

11. G3.D3 Boreal brown moss Scots pine fen woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] гибиновые леса на низинных болотах

12. G5.64 Raised bog pre-woods / Слабоблесенные верховые болота на ранних стадиях формирования болотных лесов

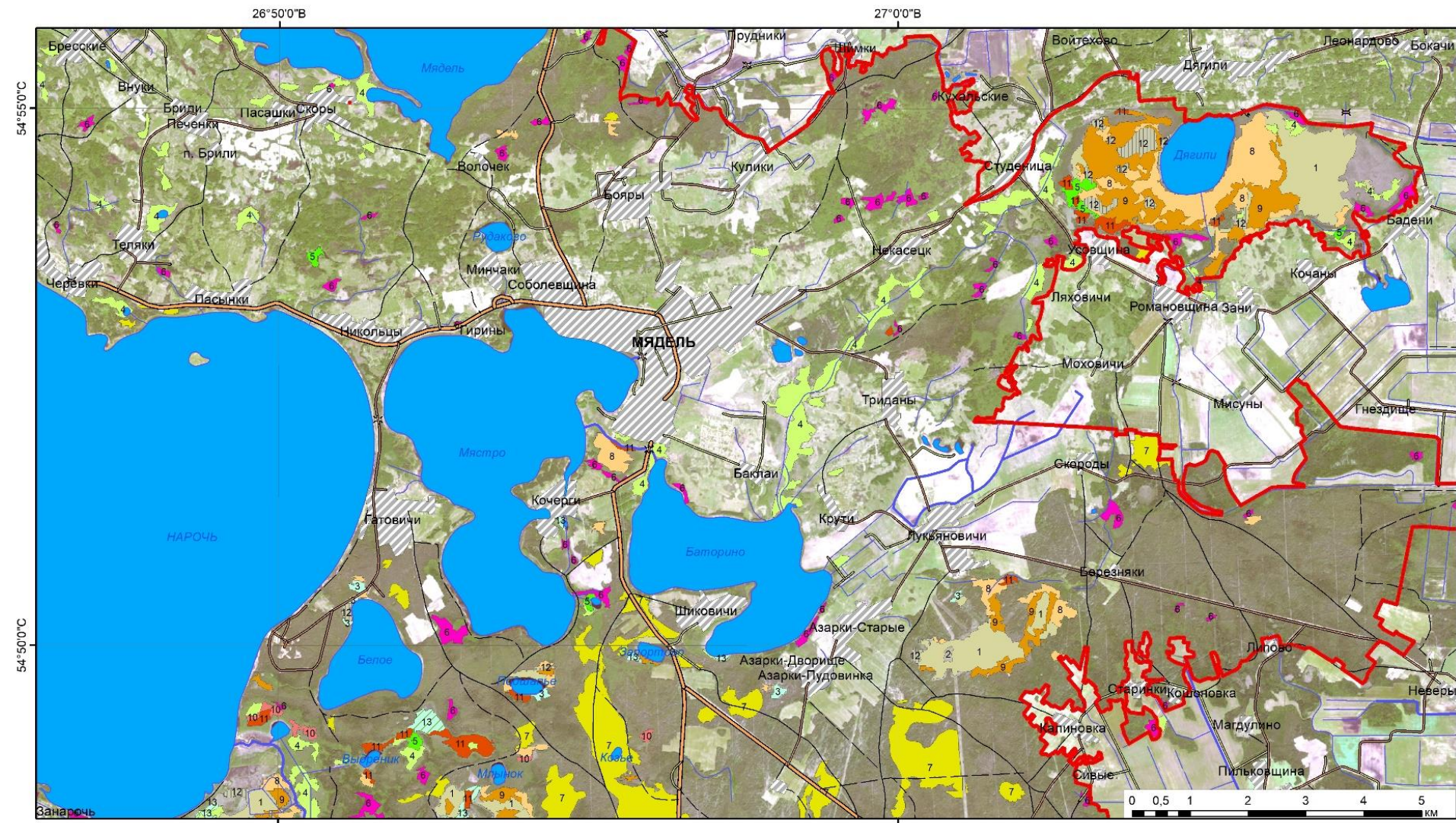
13. G5.64 (?) Слабоблесенные переходные болота на ранних стадиях формирования болотных лесов

### Прочие обозначения

- Озера, водохранилища, пруды
- Реки, каналы, ручьи
- Граница национального парка "Нарочанский"



# ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БИОТОПИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ



Фрагмент карты распространения ключевых биотопов тестовой выборки, составленная на основе геопространственного моделирования (М 1:60 000)

## ЛЕГЕНДА

### Модельные (ключевые) биотопы

#### D. MIRE, BOGS AND FENS / БОЛОТА ВЕРХОВЫЕ, ПЕРЕХОДНЫЕ, НИЗИННЫЕ

- 1. D1.111 Raised bog hummocks, ridges and lawns / Кочки, кряды и ковры верхового болота
- 2. X04 Raised bog complexes
- 3. D2.39 Bog bean and marsh cinquefoil rafts / Ковры с вахтой трехлистной [Menyanthes trifoliata] и сабельником болотным [Comarum palustre]

#### G. WOODLAND, FOREST AND OTHER WOODED LAND / ЛЕСА И ДРУГИЕ ПОКРЫТЫЕ ЛЕСОМ ЗЕМЛИ

- 4. D2.3B Brown moss carpets / Осоково-гишковые низинные болота
- 5. D4.15 Dioecious, flea, and yellow sedge fens / Богатые низинные болота с осоками двудомной [Carex dioica] и желтой [С. flava]
- 6. G1.21 – Riverine Fraxinus – Alnus woodland, wet at high but not at low water / Периодически затопляемые ясенево-черноольховые [Fraxinus excelsior, Alnus glutinosa] влажные леса в поймах рек
- 7. G3.42112 Subcontinental lichen Scots pine forests / Субконтинентальные сосновые [Pinus sylvestris] лишайниковые леса

#### Boreal bog woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] болотные леса

- 8. G3.D11 Boreal Labrador tea Scots pine bog woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] багульниковые [Ledum palustre] болотные леса
- 9. G3.D13 Boreal cottonsedge Scots pine bog woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] пушицево-сфагновые болотные леса
- 10. G3.D23 Boreal neutrocline sphagnum Scots pine fen woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] сфагновые леса на низинных болотах богатого минерального питания
- 11. G3.D3 Boreal brown moss Scots pine fen woods / Бореальные сосновые [Pinus sylvestris] гишковые леса на низинных болотах

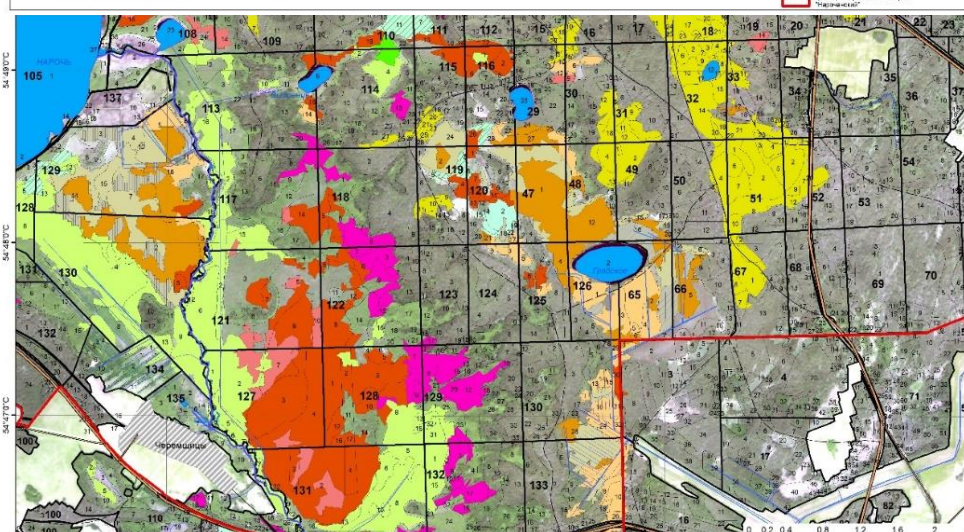
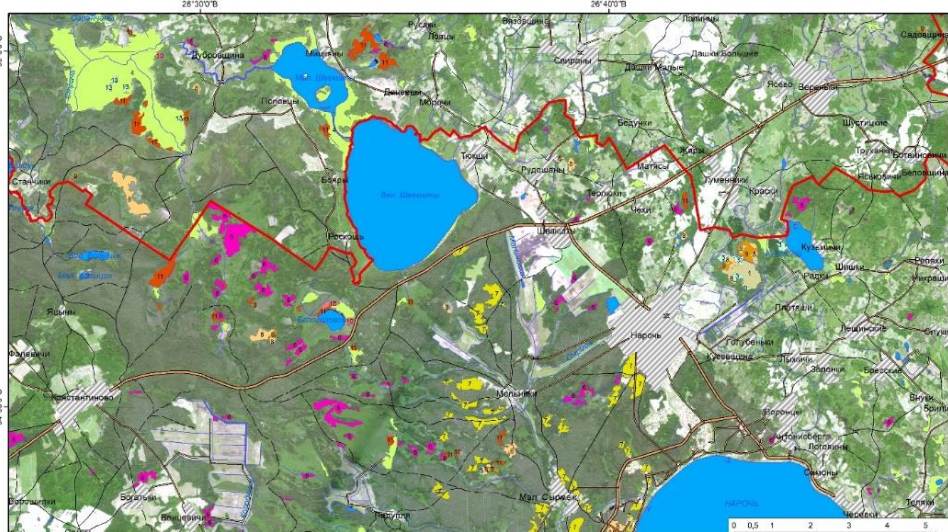
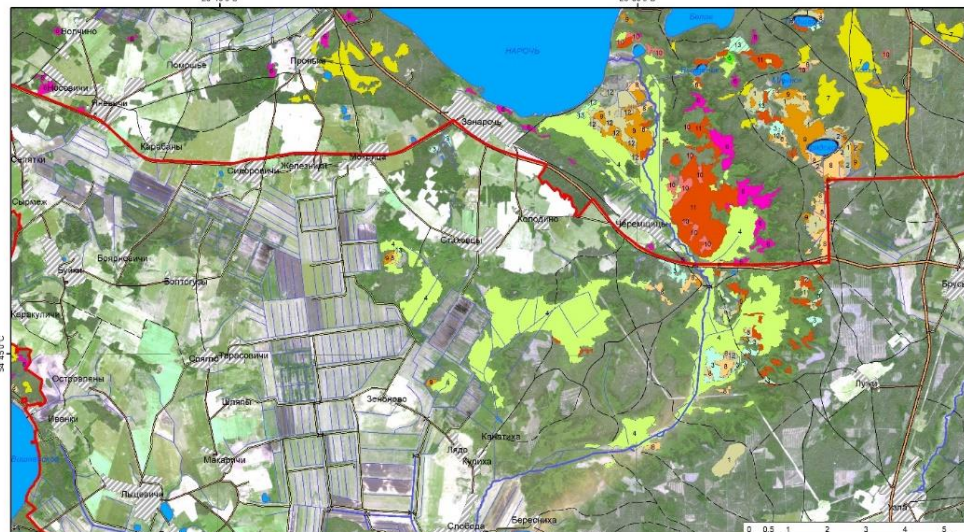
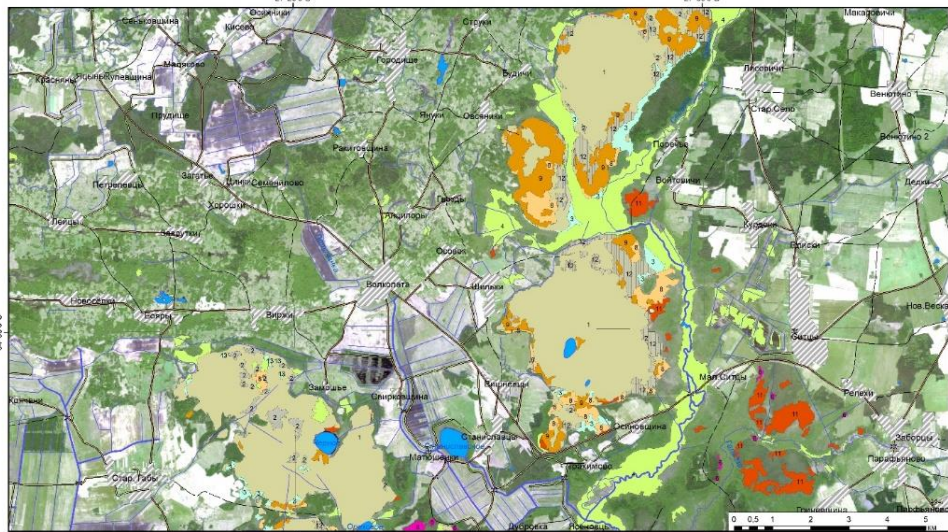
#### Other biotopes / Другие биотопы

- 12. G5.64 Raised bog pre-woods / Слабооблесенные верховые болота на ранних стадиях формирования болотных лесов
- 13. G5.64 (?) Слабооблесенные переходные болота на ранних стадиях формирования болотных лесов

#### Прочие обозначения

- Озера, водохранилища, пруды
- Реки, каналы, ручьи
- Граница национального парка "Нарочанский"

# ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БИОТОПИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

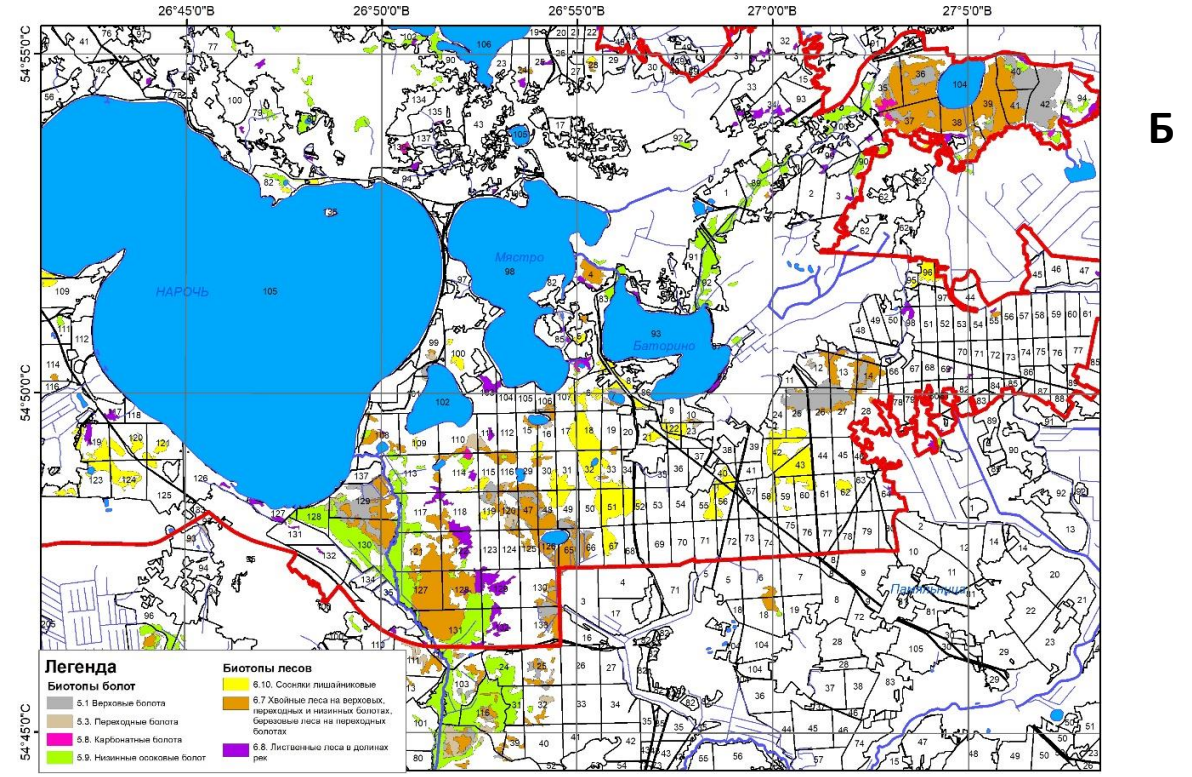
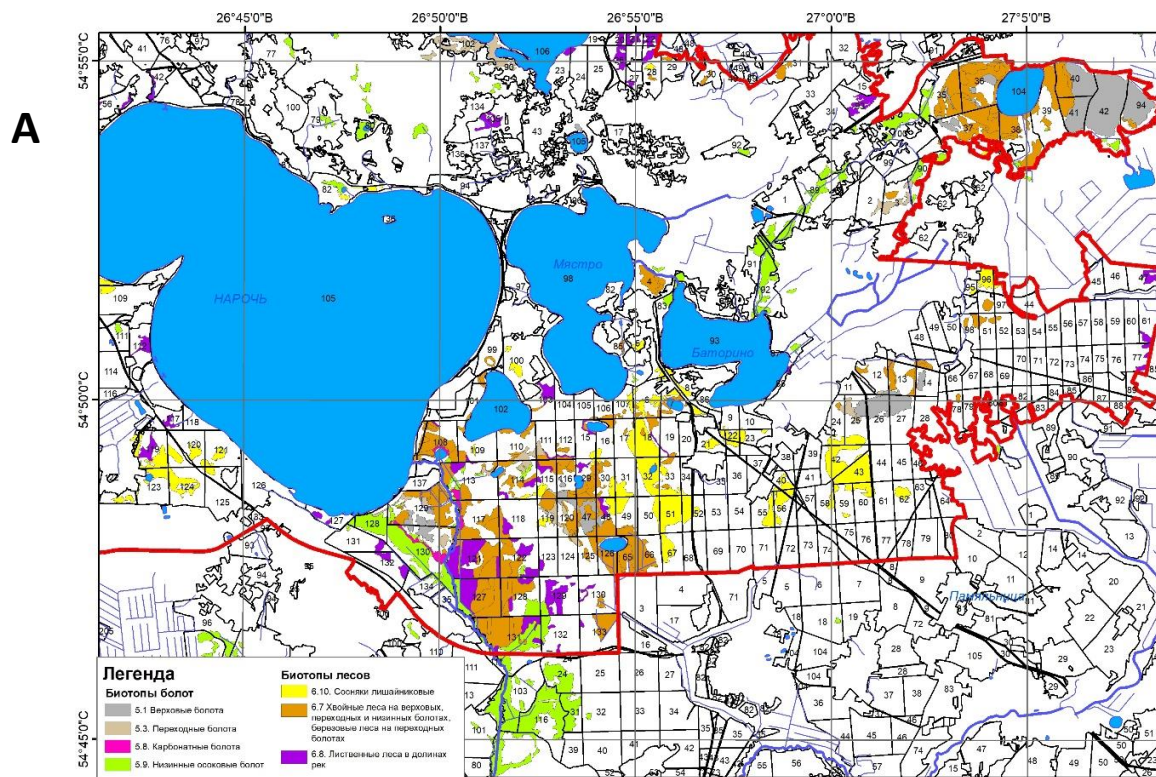


- Сравнительная оценка карт биотопов тестовой выборки на территории национального парка «Нарочанский», полученных по данным наземного обследования и по данным геопространственного моделирования

Код биотопа EUNIS	Площадь		Контрольные точки		Сходимость карт геопространственного моделирования в сравнении с картой биотопов
	га	%*	общее количество	не совпавших с классом карты биотопов**	
D1.111	515,0	0,59	125	31	75,2
D2.39	49,5	0,06	96	27	71,9
D2.3B	1519,6	1,75	334	59	82,3
D4.15	35,1	0,04	10	3	70,0
G1.21	1146,5	1,32	56	13	76,8
G3.42112	1475,8	1,70	234	32	86,3
G3.D11	579,1	0,67	245	38	84,5
G3.D13	506,6	0,58	308	50	83,8
G3.D23	88,5	0,10	22	2	90,9
G3.D3	514,3	0,59	170	26	84,7
G5.64	94,4	0,11	122	24	80,3
G5.64(?)	44,5	0,05	28	6	78,6
X04	28,2	0,03	60	9	85,0
	<b>6082,1</b>	<b>7,6</b>	<b>1810</b>	<b>320</b>	<b>82,3</b>



- Тематические карты охраняемых (редких и типичных) биотопов модельной группы
- Наличие слоя карты модельных биотопов системы EUNIS позволяет проводить дальнейшую конвертацию в другие тематические карты.
- Наиболее ценной с практической точки зрения является карта охраняемых местообитаний в соответствии с ТКП 17.12-06-2014 «Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов».

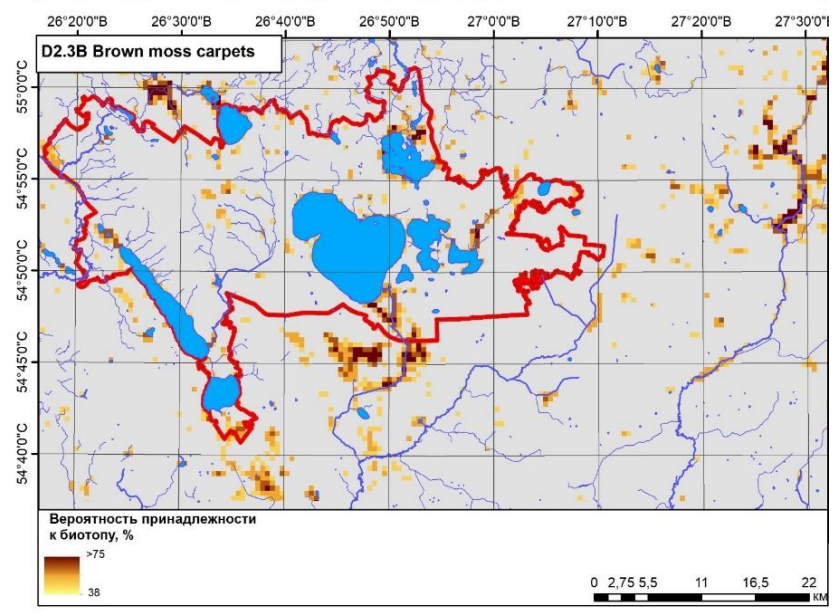
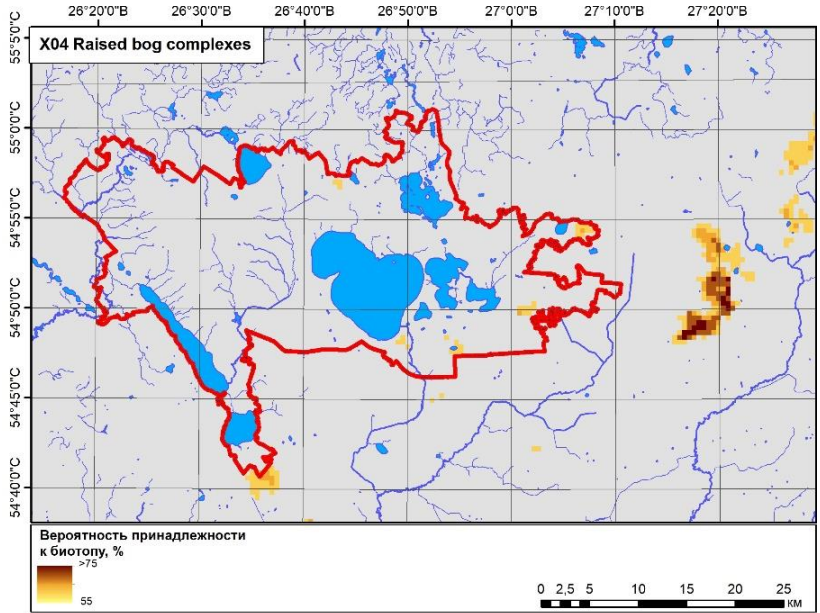
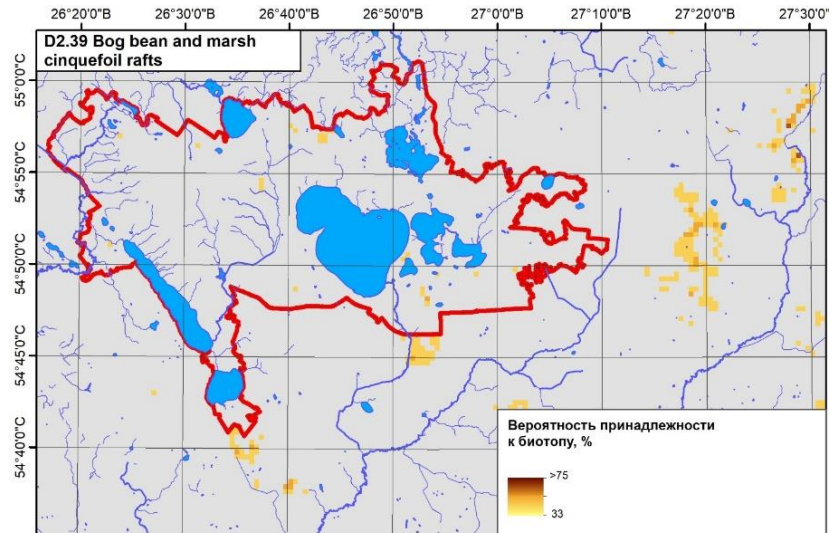
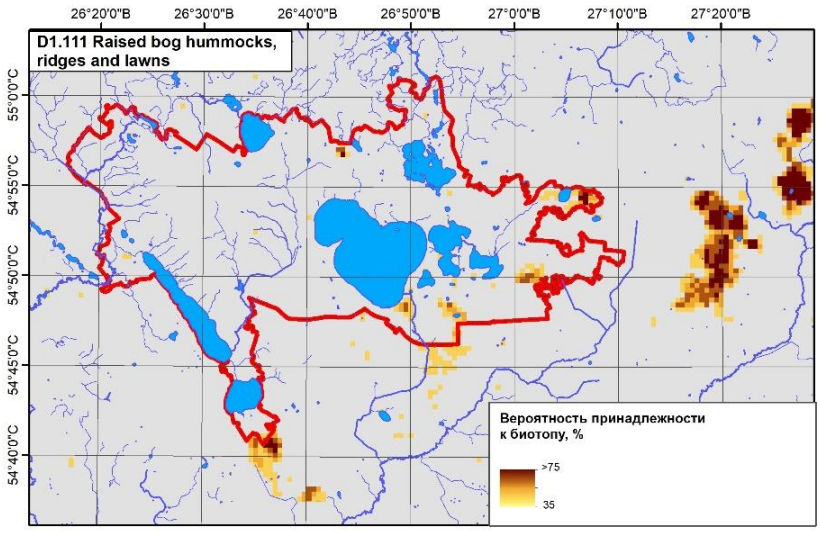


Сравнительная оценка карт (фрагменты) охраняемых биотопов (в пределах тестовой выборки), полученных по данным базового лесоустройства (А) и по данным геопространственного моделирования (Б)

- Распределение площадей и точность карты биотопов (в пределах тестовой выборки) национального парка «Нарочанский»

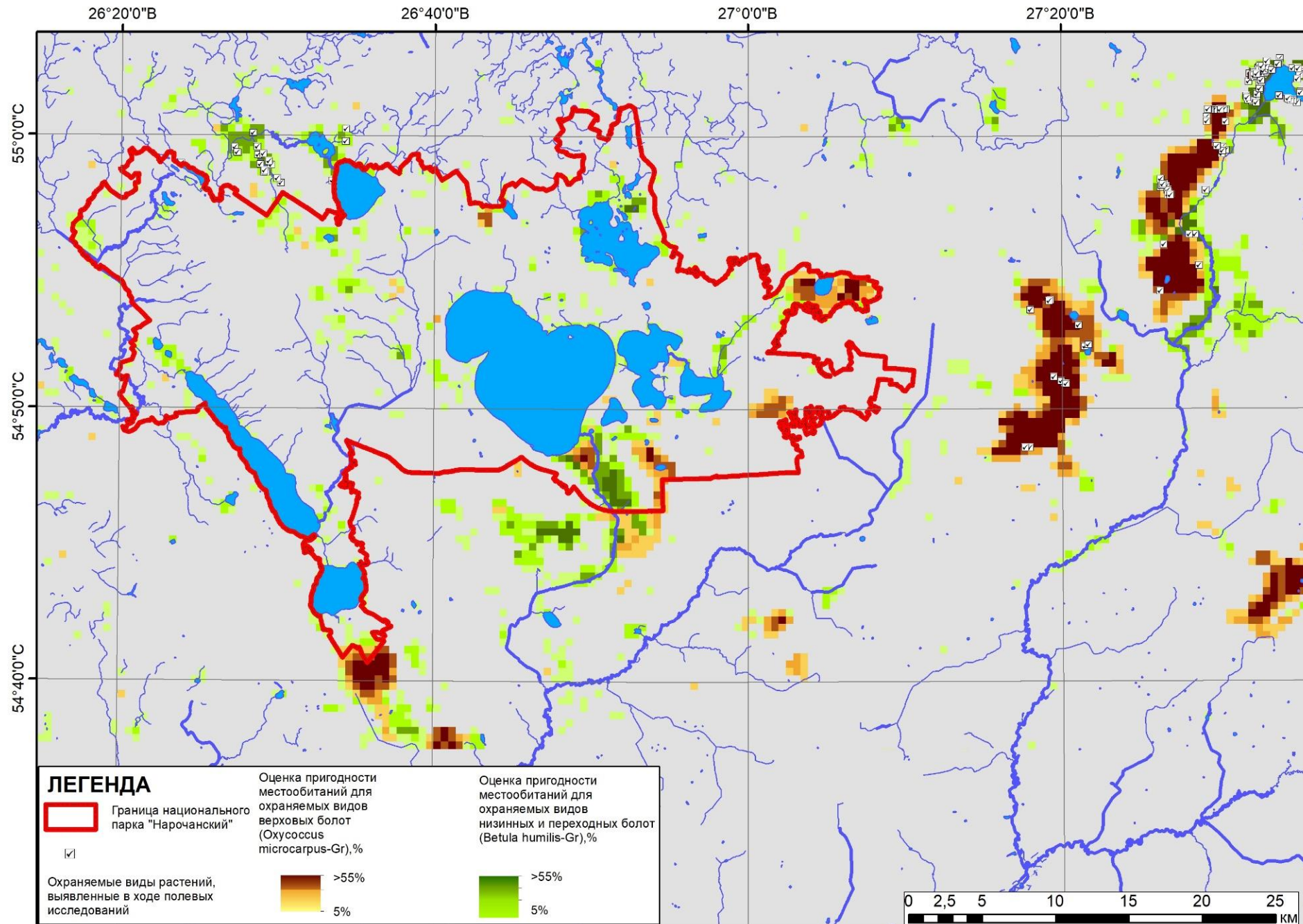
Код биотопа EUNIS	Контрольные точки		Точность материалов лесоустройства в сравнении с данными геопространственного моделирования
	общее количество	не совпавших с классом по материалам лесоустройства	
5.1 Верховые болота	301	142	52,8
5.3. Переходные болота	163	58	64,4
5.9. Низинные осоковые болота	127	54	57,5
6.7. Хвойные леса на верховых, переходных и низинных болотах, березовые леса на переходных болотах	605	258	59,7
6.8. Лиственные леса в долинах рек	325	127	60,9
6.10. Сосняки лишайниковые	233	34	85,4

- ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЙ
- Прогнозирование ключевых биотопов

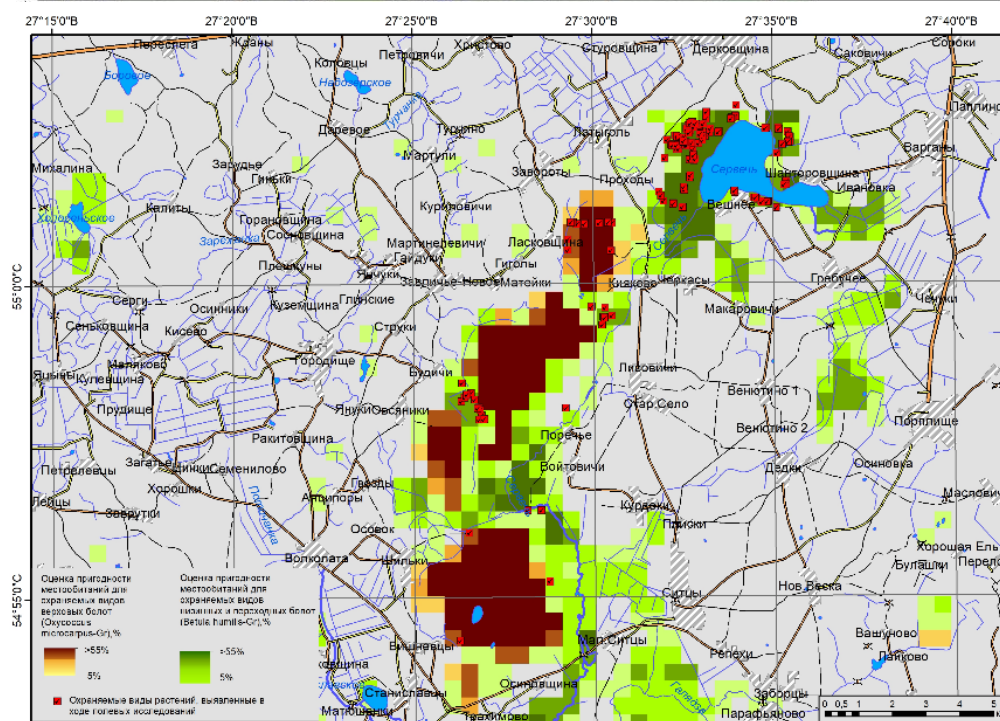
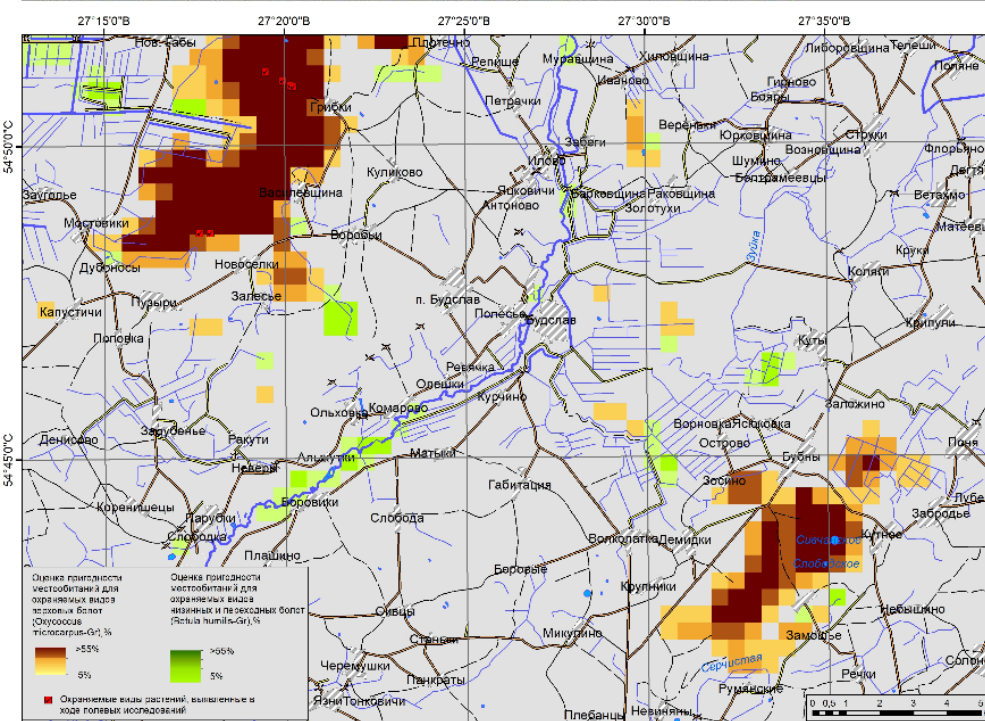
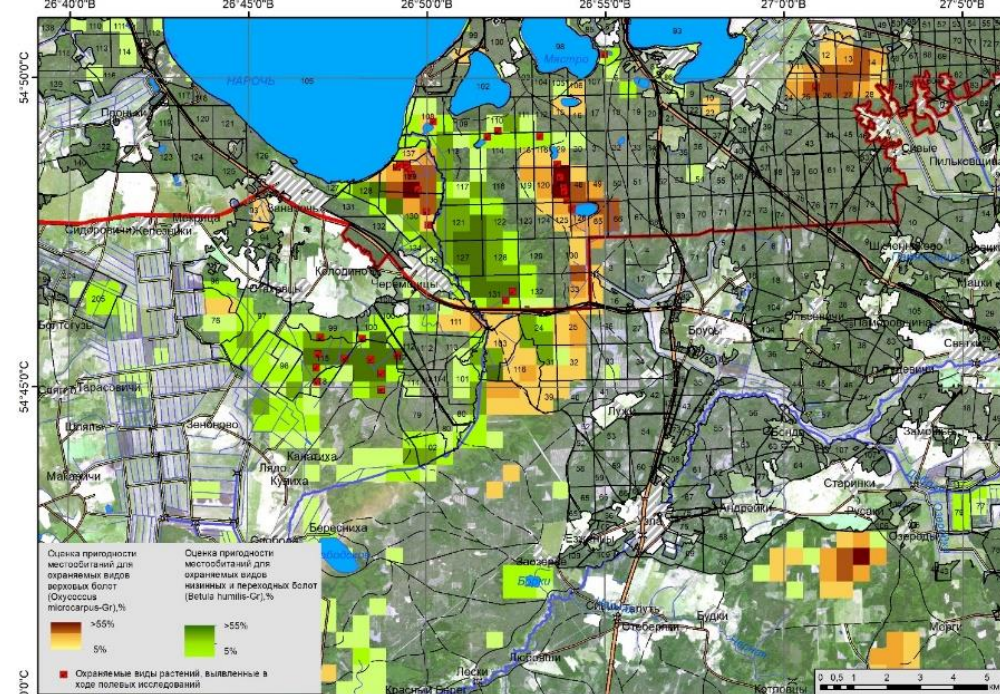
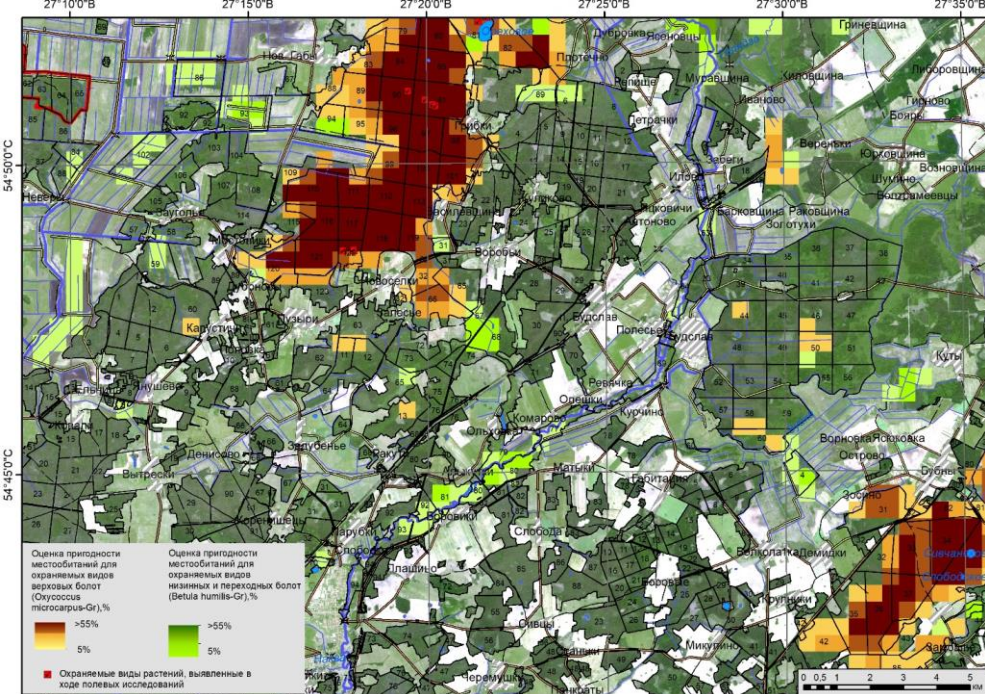


Стратификация проектной территории (размер ячейки 0,5×0,5 км) по уровню вероятности встречаемости ключевых биотопов модельной группы

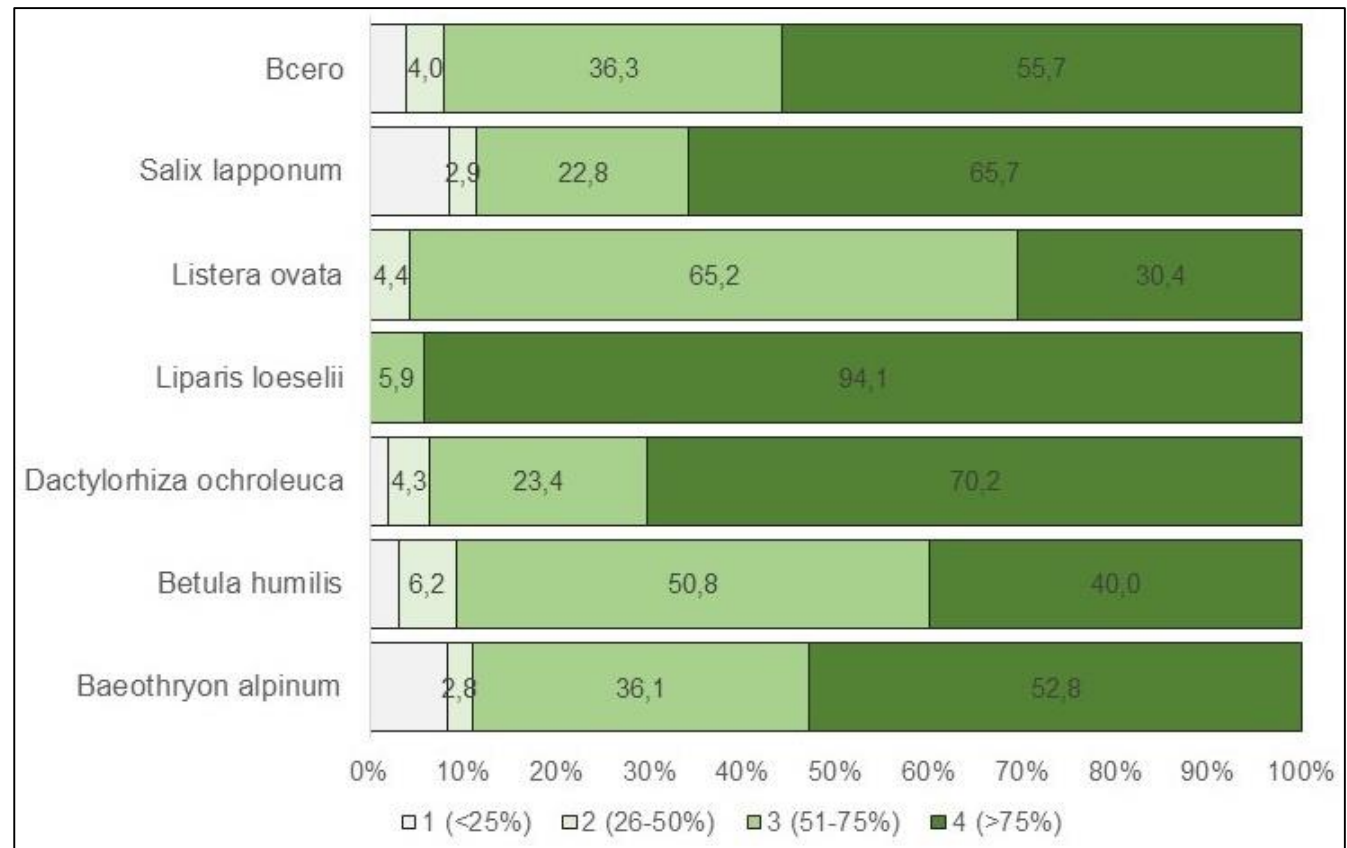
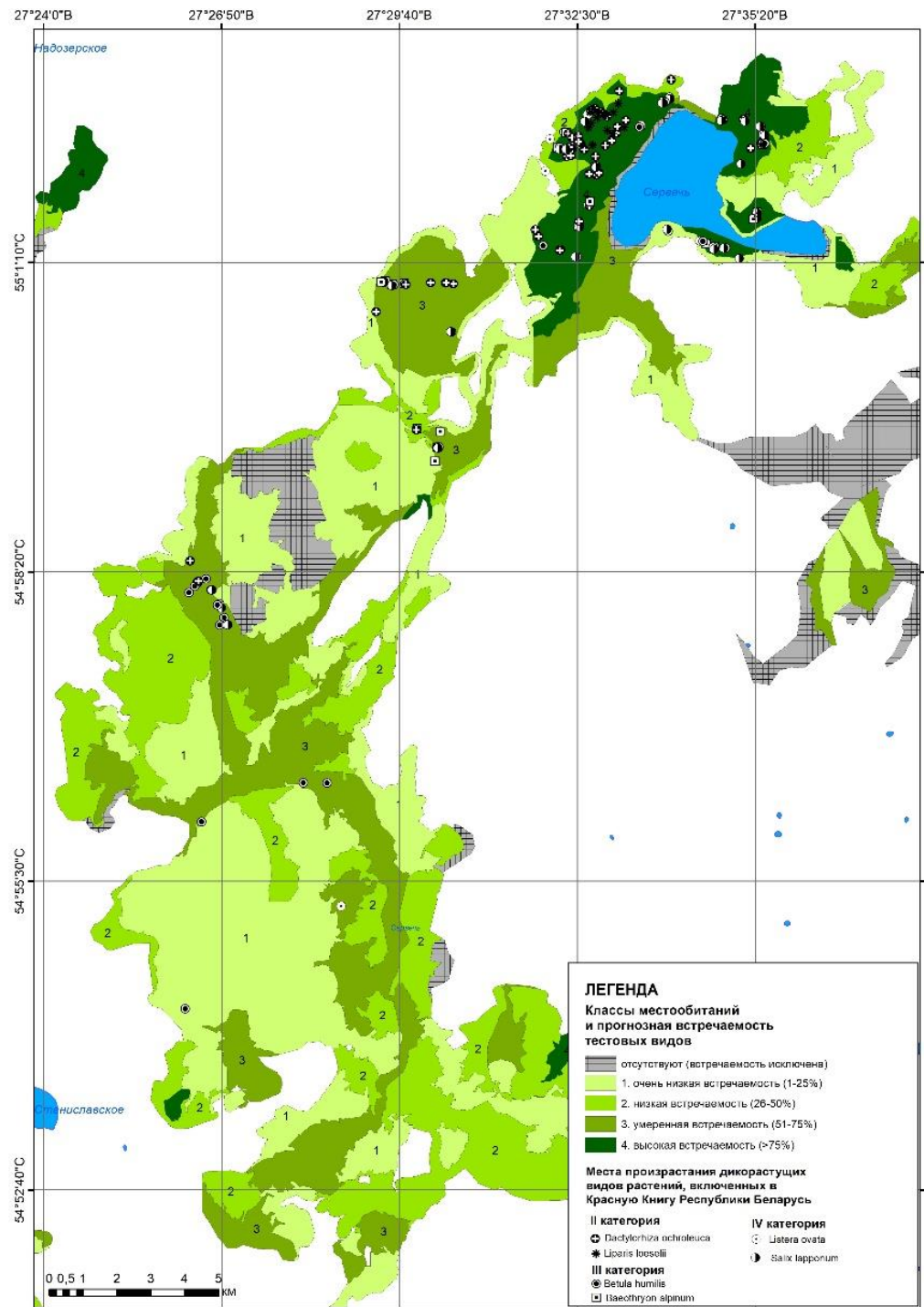
# • Прогнозирование мест произрастаний редких видов растений



Карты-ниши тестовых видов растений, составленная с использованием геопрограммной вероятностной модели



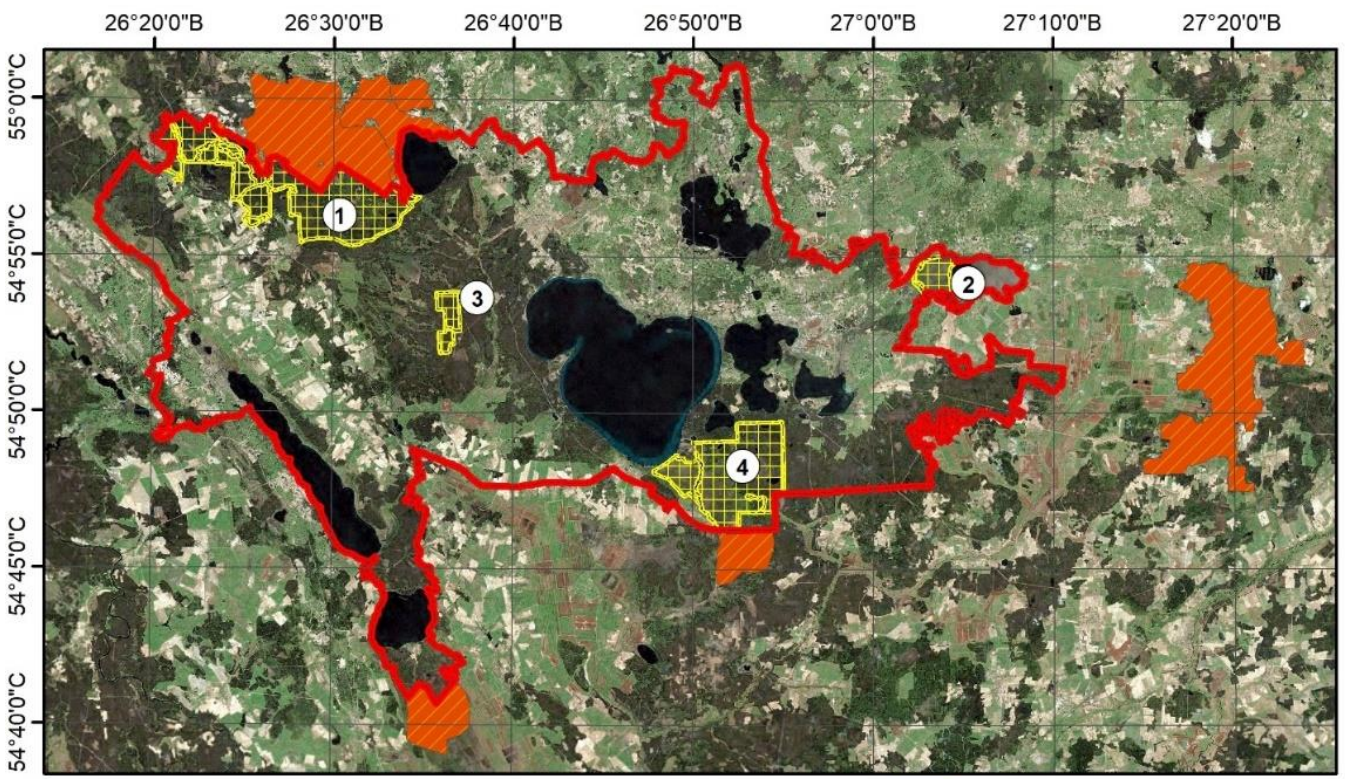
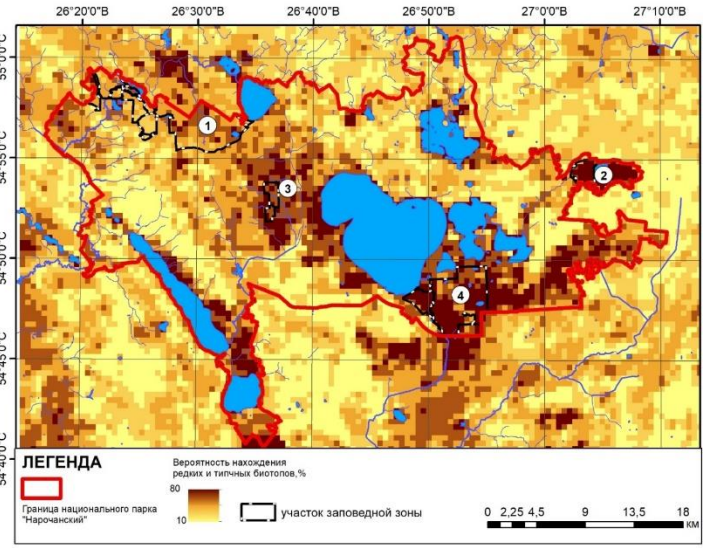
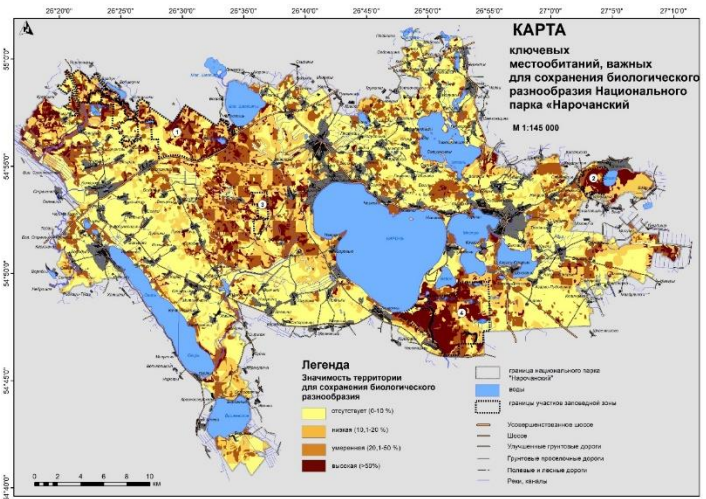
Фрагменты интерактивной карты оценки прогноза местообитаний тестовых видов растений, увязанной с материалами лесоустройства



Процент встречаемости тестовых видов по классам местообитаний в полевой проверке на проектных территориях растений *Betula humilis*-Gr

Фрагменты интерактивной карты-ниши тестовых растений *Betula humilis*-Gr, составленная на основе тематической карты биотопов

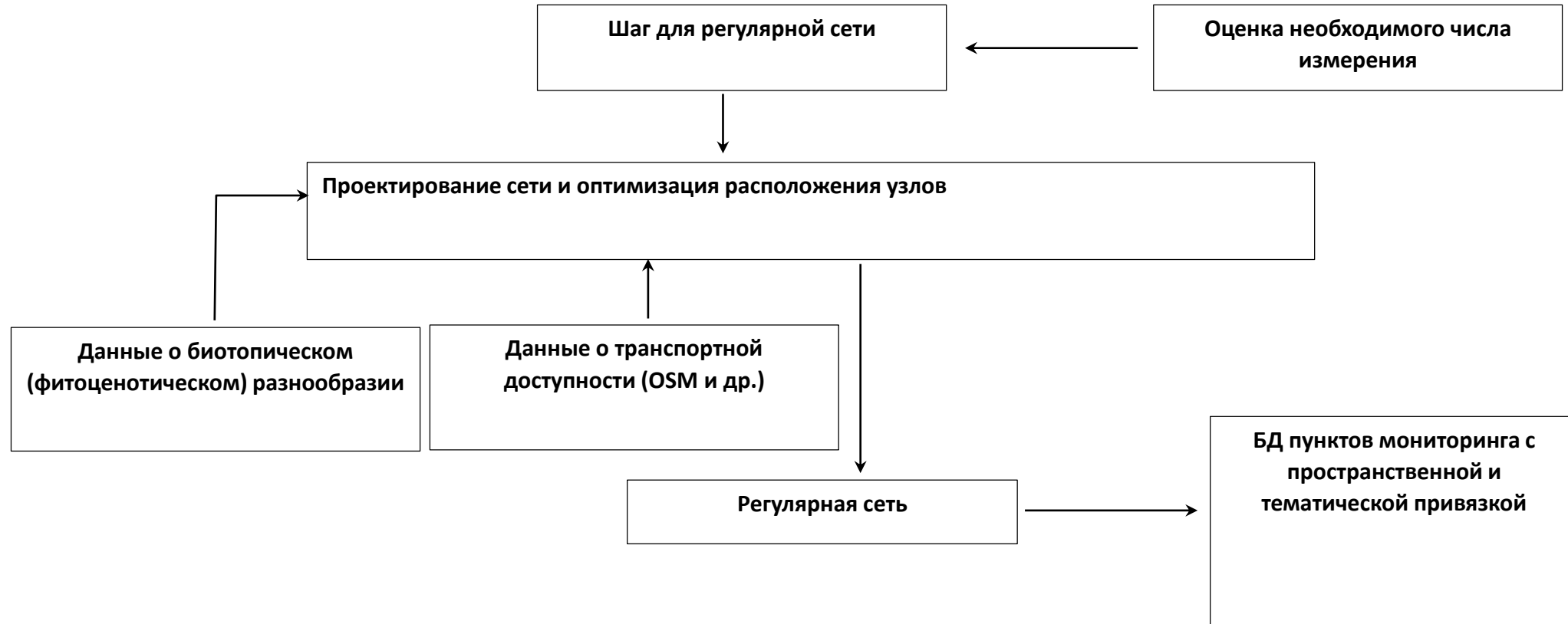
# • Геопространственный природоохранный анализ и управленческие решения



**Возможные планировочные решения развития природоохранной деятельности в пределах проектной территории**

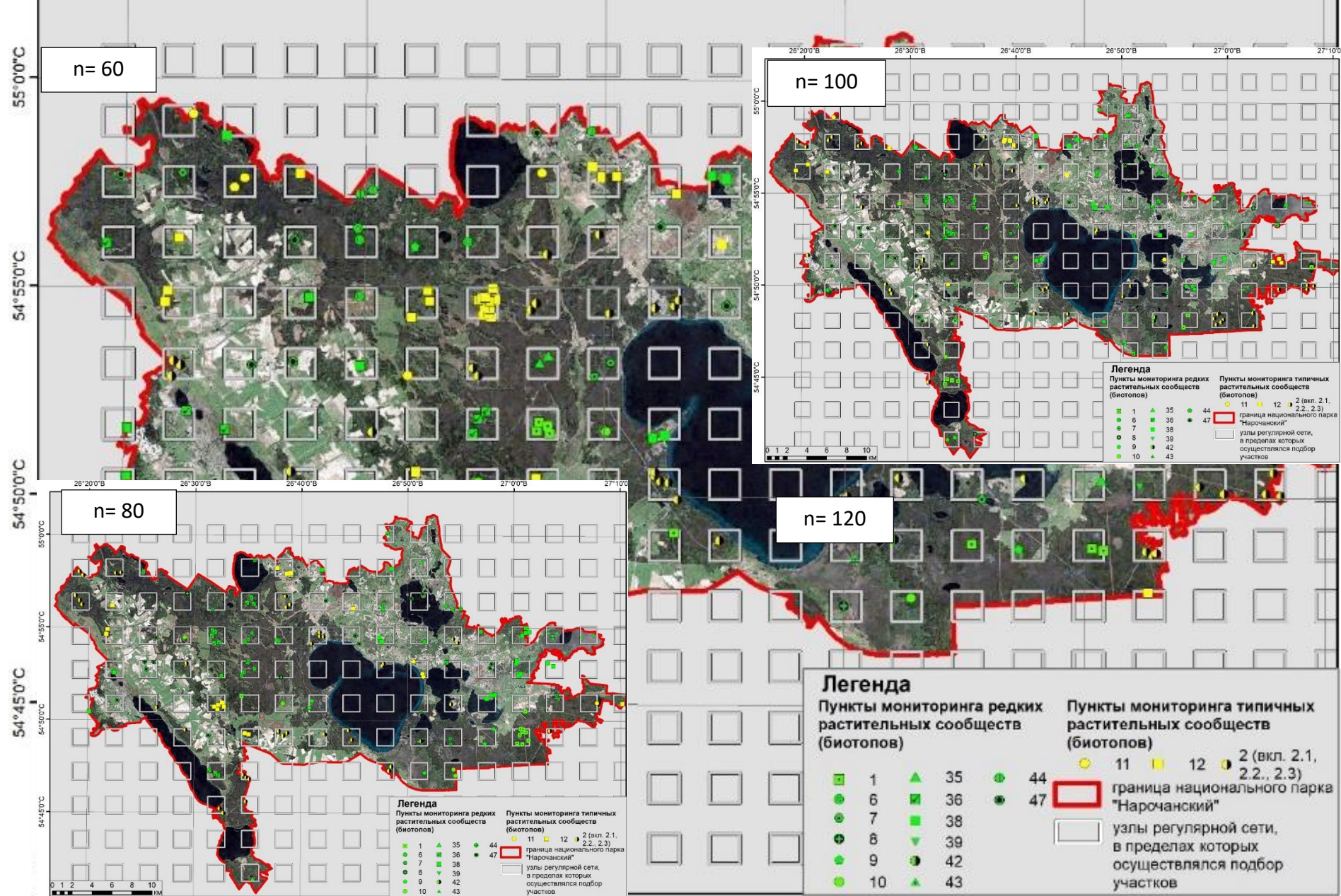
Сравнительная оценка карт ключевых местообитаний, составленных на основе комплексного наземного обследования (А) и геопространственного моделирования (Б)

# Стратификация территории Национального парка «Нарочанский» и проектирование регулярной сети для наземных обследований



Принципиальная схема проектирования регулярной сети мониторинга на основе данных о биотопическом (фитоценоотическом) разнообразии





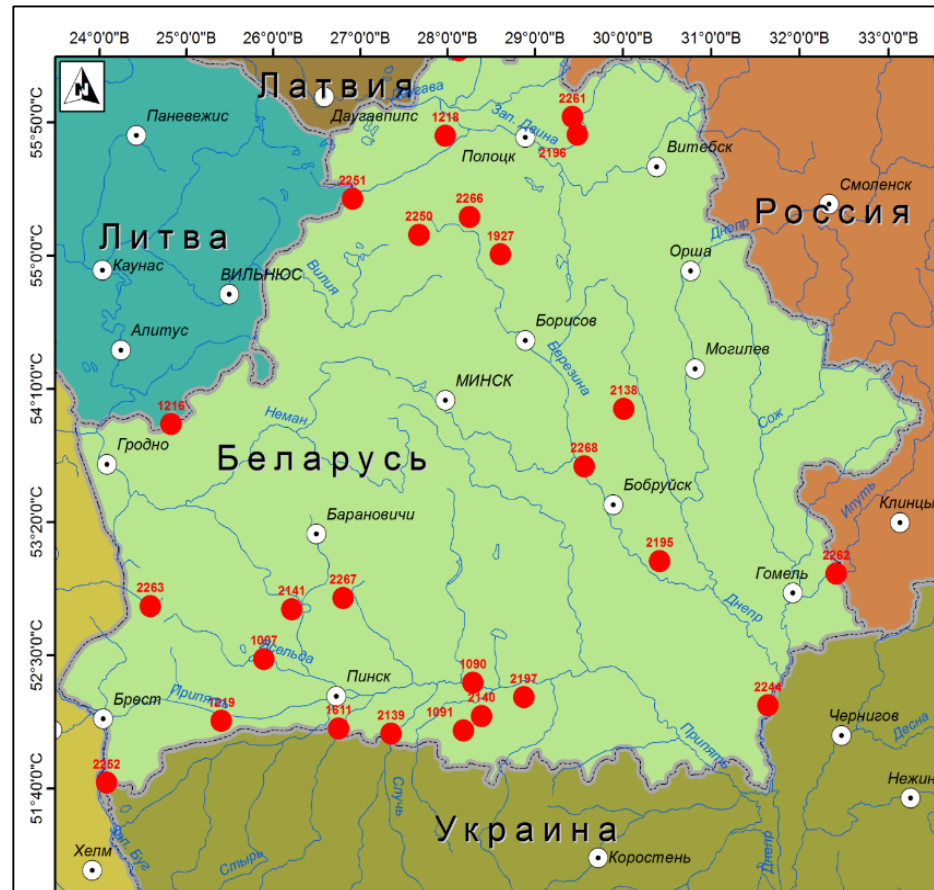
**Стратификация территории национального парка «Нарочанский»  
и размещение пунктов мониторинга**

# РАБОТАТЬ ВМЕСТЕ!



РАМСАРСКИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

## БОЛОТО ДИКОЕ



### Легенда

● **Рамсарские территории:**

- 1007. Биологический заказник "Споровский"
- 1090. Республиканский ландшафтный заказник "Средняя Припять"
- 1091. Заказник "Ольманские болота"
- 1216. Котра
- 1217. Освейский
- 1218. Ельня
- 1219. Званец
- 1611. Простырь
- 1927. Березинский биосферный заповедник
- 2138. Острова Дулебы - Заозерье
- 2139. Морочно
- 2140. Старый Жаден

- 2141. Выгонощанское
- 2195. Выдрица
- 2196. Козьянский
- 2197. Припятский
- 2244. Пойма реки Днепр
- 2250. Сервечь
- 2251. Вилейты
- 2252. Прибужское Полесье
- 2261. Дрожбитка-Свина
- 2262. Пойма реки Ипуть
- 2263. Болото Дикое
- 2266. Голубицкая пуща
- 2267. Подвеликий Мох
- 2268. Свислочно-Березинский