ЛУКОЙЛ
НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ

Всегда в движении!

Вероятностный подход как инструмент выявления зон остаточных запасов нефти

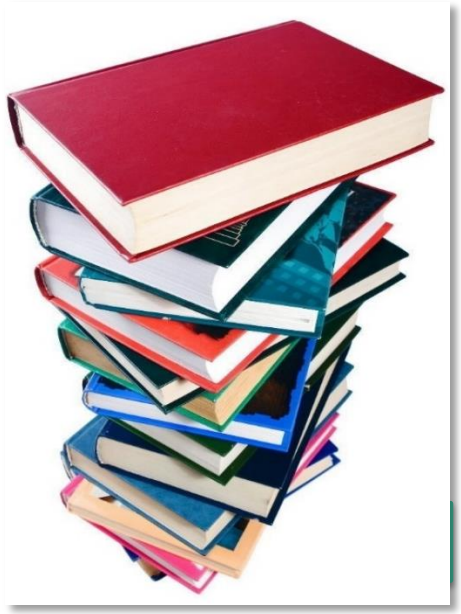
Кондратьев М.А., инженер 1 категории
Азаров Е.С., начальник отдела

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

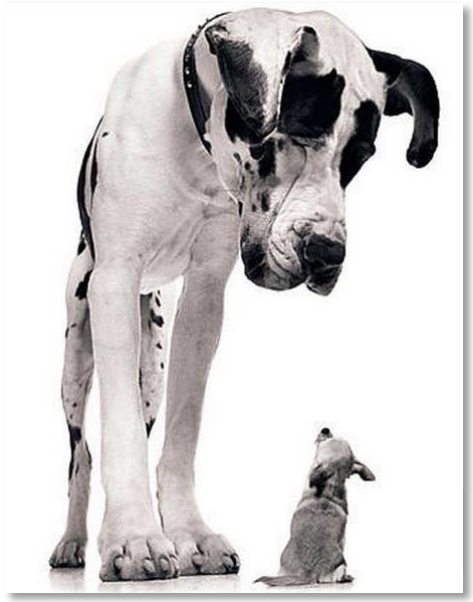
Разработка методики построения карт вероятностей для прогнозирования зон остаточных запасов нефти

1	**Определение факторов теоретически взаимосвязанных с вероятностью наличия зон остаточных запасов нефти**
2	**Выделение значимых факторов**
3	**Построение карты вероятности**
4	**Обобщение результатов построения карт вероятности и выводы**

ХОД ИССЛЕДОВАНИЯ



1.Определение факторов



2. Выделение значимых факторов

3. Учёт фактора выработки запасов

4. Построение уточненных карт вероятности

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ

$$Qн=Sн*Ннн*Кпор*Кннас*\theta*\rho н \text{, где } \theta=\frac{1}{b0}$$

Факторы:

-Проницаемость **-Расчлененность** **-Нефтенасыщенная толщина** **-Пористость** **-Песчанистость** **-Нефтенасыщенность**	**-Текущий дебит нефти** **-Накопленная добыча нефти** **-Суммарное время работы добывающей скважины** **-Средний дебит нефти за историю разработки**

Геологические факторы

Технологические факторы

Рассмотрены геологические и технологические факторы

2. ВЫДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ

Коэффициент корреляции (rxy)

$$rxy = \frac{\Sigma(x_i - x_{\text{средн}})(y_i - y_{\text{средн}})}{\sqrt{\Sigma(x_i - x_{\text{средн}})^2 * \Sigma(y_i - y_{\text{средн}})^2}}$$

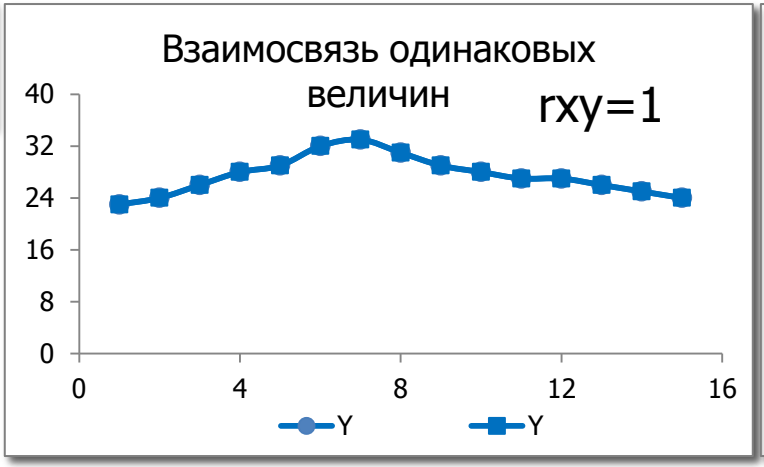
Помогает замечать взаимосвязи

Помогает отличать значимые взаимосвязи от малозначительных

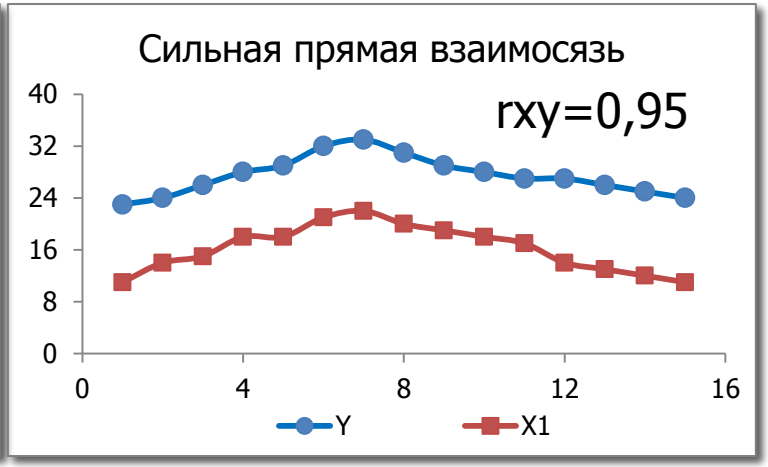
Корреляция rxy может помочь выделить значимые факторы

ВИДЫ ВЗАИМОСВЯЗИ

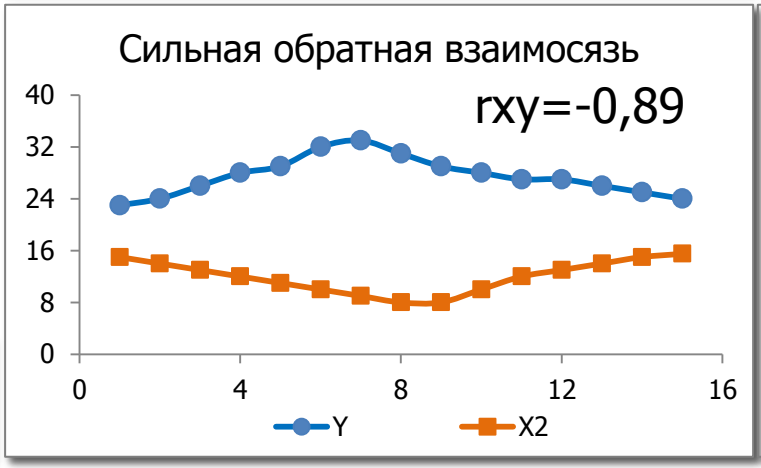
A



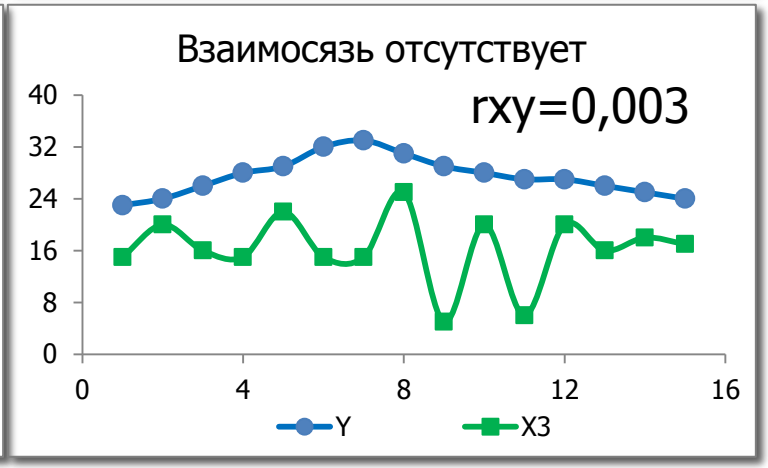
B



C



D



Величина коэффициента корреляции rxy определяет характер и величину взаимосвязи

АНАЛИЗ СИЛЫ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПЕРЕМЕННЫМИ

Коэффициент корреляции (rxy)

$$rxy = \frac{\Sigma(x_i - x_{\text{средн}})(y_i - y_{\text{средн}})}{\sqrt{\Sigma(x_i - x_{\text{средн}})^2 * \Sigma(y_i - y_{\text{средн}})^2}}$$

y - значение текущих подвижных запасов из ГДМ по скважинам

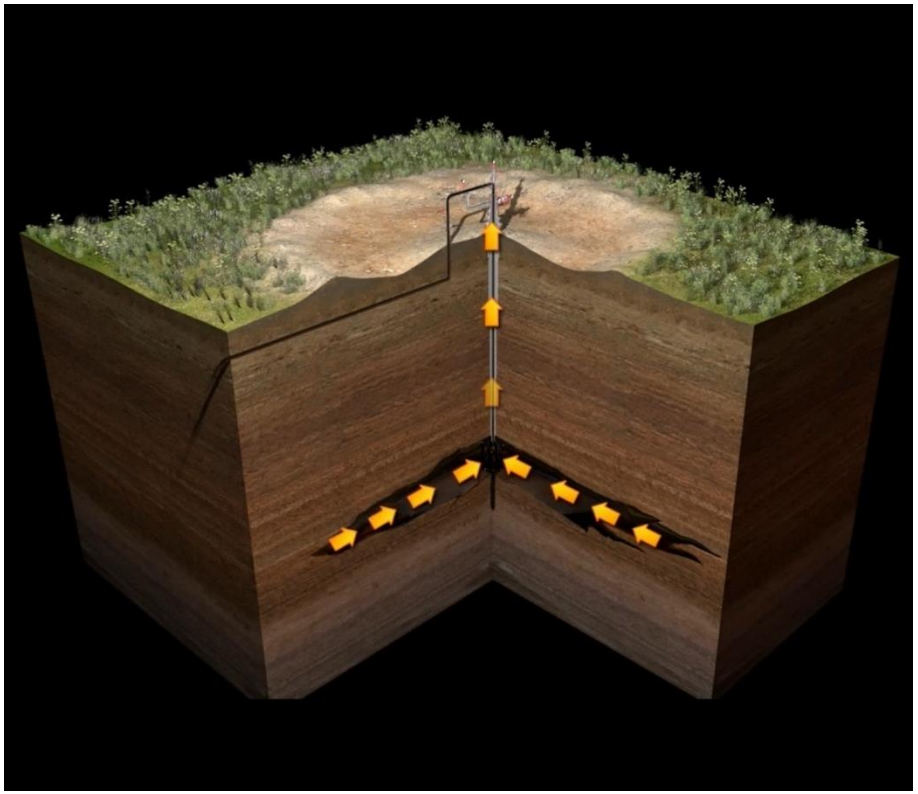
x_1, x_2...x_i – значения геологических и технологических факторов по скважинам

№ п/п	Параметры (xi)	Значение rxy
1	Нефтенасыщенная толщина	**0.681**
2	Расчлененность	**0.617**
3	Песчанистость	**0.590**
4	Пористость	0.474
5	Нефтенасыщенность	0.396
6	Проницаемость	0.261
7	Дебит нефти текущий	0.089
8	Накопленная добыча нефти	0.250
9	Накопленное время добывающих скважин	0.340
10	Средний дебит нефти за историю	0.149

Шкала Чеддока (сила взаимосвязи)

Значение	Интерпретация
0-0.3	очень слабая
0.3-0.5	слабая
0.5-0.7	средняя
0.7-0.9	высокая
0.9-0.99	очень высокая

3. УЧЁТ ФАКТОРА ВЫРАБОТКИ ЗАПАСОВ



Связь, которую корреляционные исследования могут обнаружить - статистическая

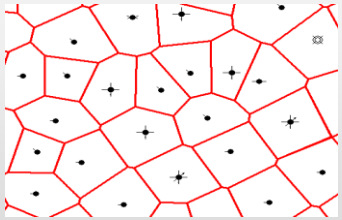
В исследовании взаимосвязь выявлена только у геологических факторов

Необходим учёт технологических факторов

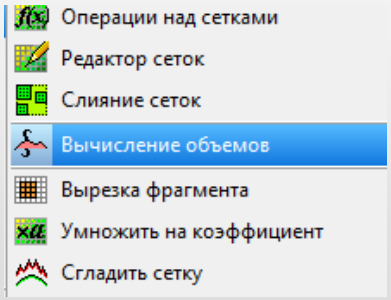
Требуется фактор выработки

3. УЧЁТ ФАКТОРА ВЫРАБОТКИ ЗАПАСОВ

1. Построение зональных карт (зон дренирования)



2. Вычисление Vнн пород в зоне каждой скважины



3. Вычисление геологических запасов в зонах скважин

$$Qн = Sн * Hнн * Kпор * Kннас * \Theta * \rho н$$

4. Определение извлекаемых запасов в зонах скважин

$$Qi\ извл = Qi\ гео * КИН$$

5. Вычисление значений остаточных запасов нефти

$$Qi\ ост = Qi\ извл - \sum Qi\ н$$

6. Вычисление вероятности

ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ. ПРИНЯТЫЕ ДОПУЩЕНИЯ

Допущения предотвратят появление некорректных значений вероятностей

1

В скважинах находившихся всегда в ППД

$$Pi\ (\text{Ннн}) = Pi\ (\text{расч}) = Pi\ (\text{песч}) = Pi\ (\text{ост}) = 0$$

2

В скважинах, где Qi ост<0 (переотбор)

$$Pi\ (\text{ост}) = 0$$

$$Pi\ (\text{Ннн}) = \frac{mi\ (\text{Ннн})}{\max mi\ (\text{Ннн})}$$

$$Pi\ (\text{расч}) = \frac{mi\ (\text{расч})}{\max mi\ (\text{расч})}$$

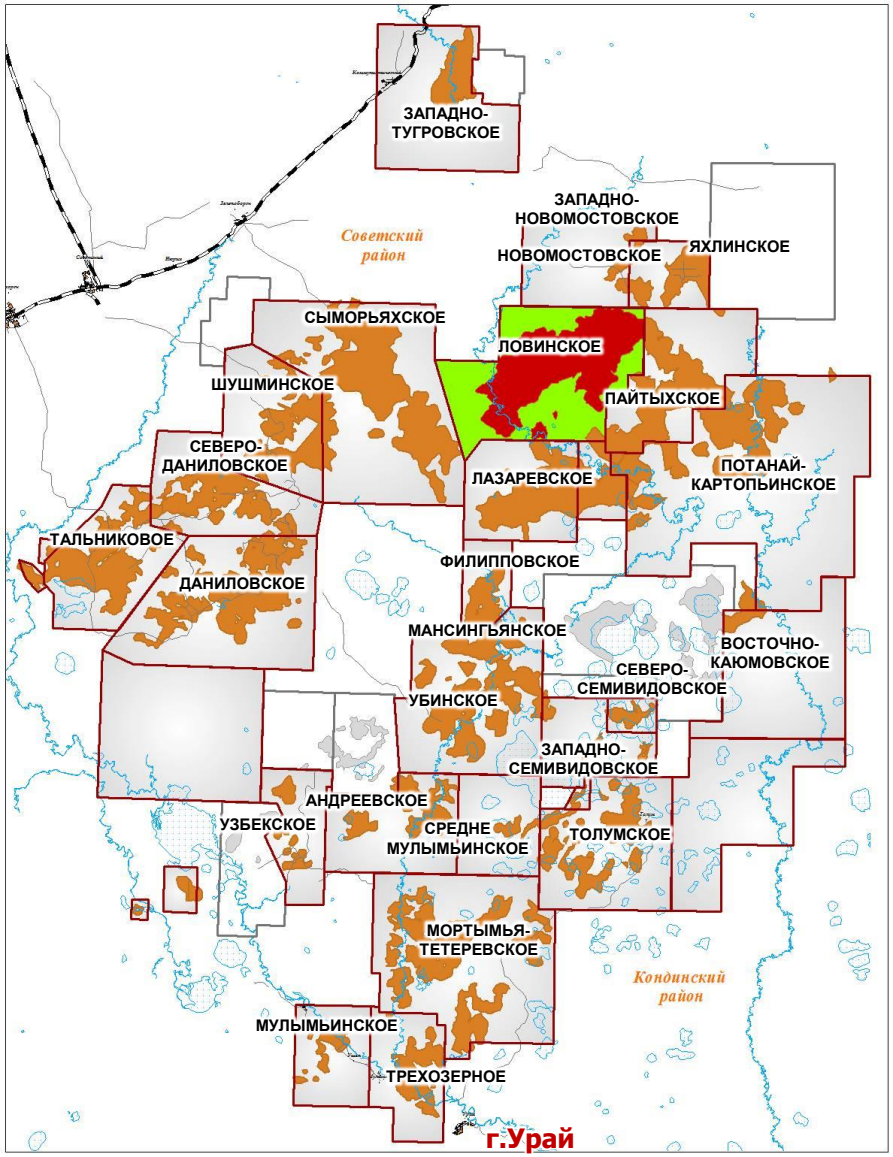
$$Pi\ (\text{песч}) = \frac{mi\ (\text{песч})}{\max mi\ (\text{песч})}$$

3

В остальных случаях:

$$Pi\text{общ} = \frac{Pi\ (\text{Ннн}) + Pi\ (\text{расч}) + Pi\ (\text{песч}) + Pi\ (\text{ост})}{\max Pi\ ((\text{Ннн}) + Pi\ (\text{расч}) + Pi\ (\text{песч}) + Pi\ (\text{ост}))}$$

ЛОВИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ



Недропользователь:

ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь»

Введено в эксплуатацию в 1986 г

Объект разработки – $Ю_{2-6}$

Запасы утвержденные ГКЗ 27.07.2012 г:

геологические 122834 тыс.т

извлекаемые 27609 тыс.т

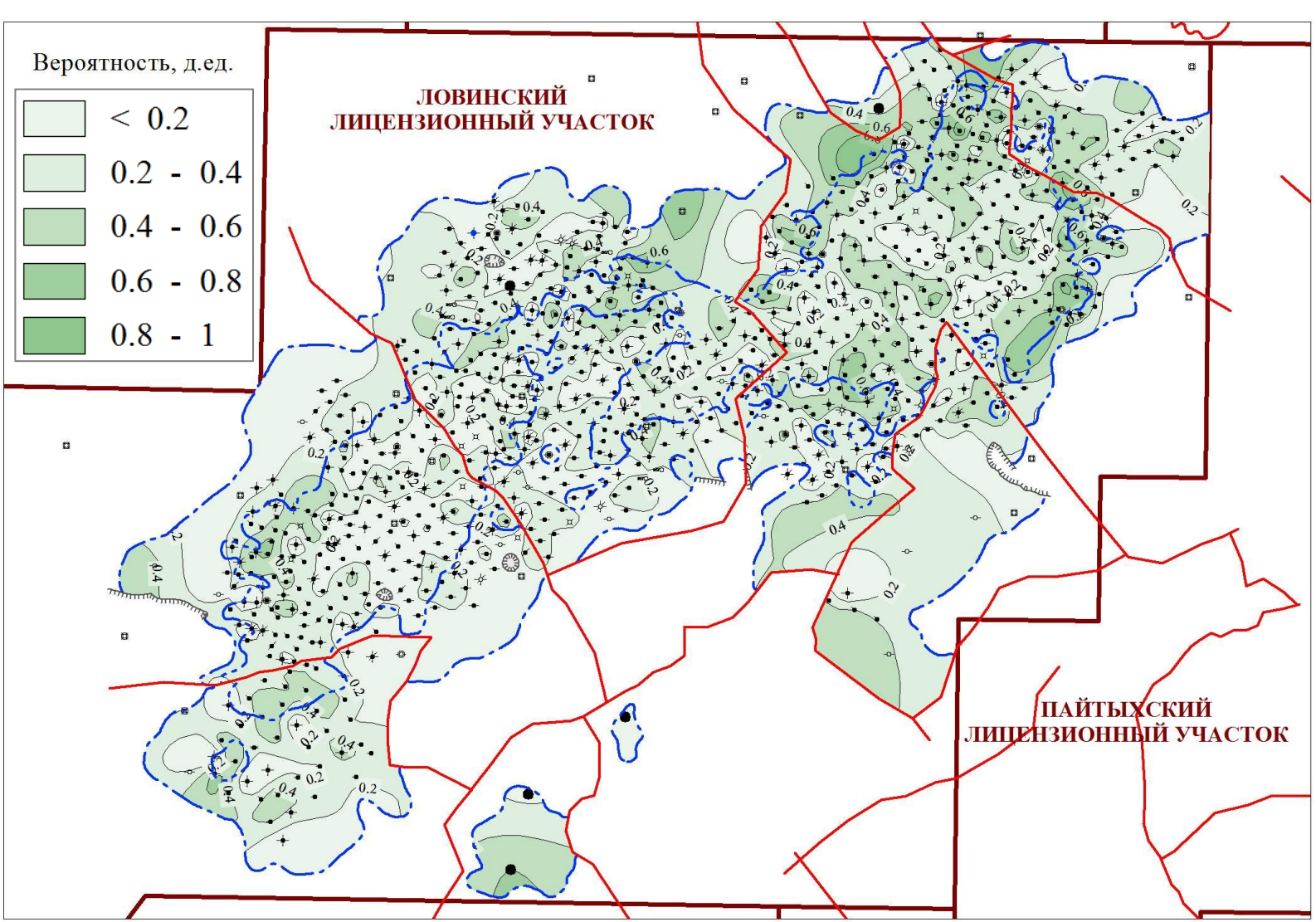
На 1.01.2017 г:

- Пробурено 964 скважины
- Добыто 19911 тыс.т нефти
- Отбор от НИЗ – 72 %
- Обводненность – 92 %
- Текущий КИН – 0.162
- Текущие извлекаемые запасы – 7698 тыс.т

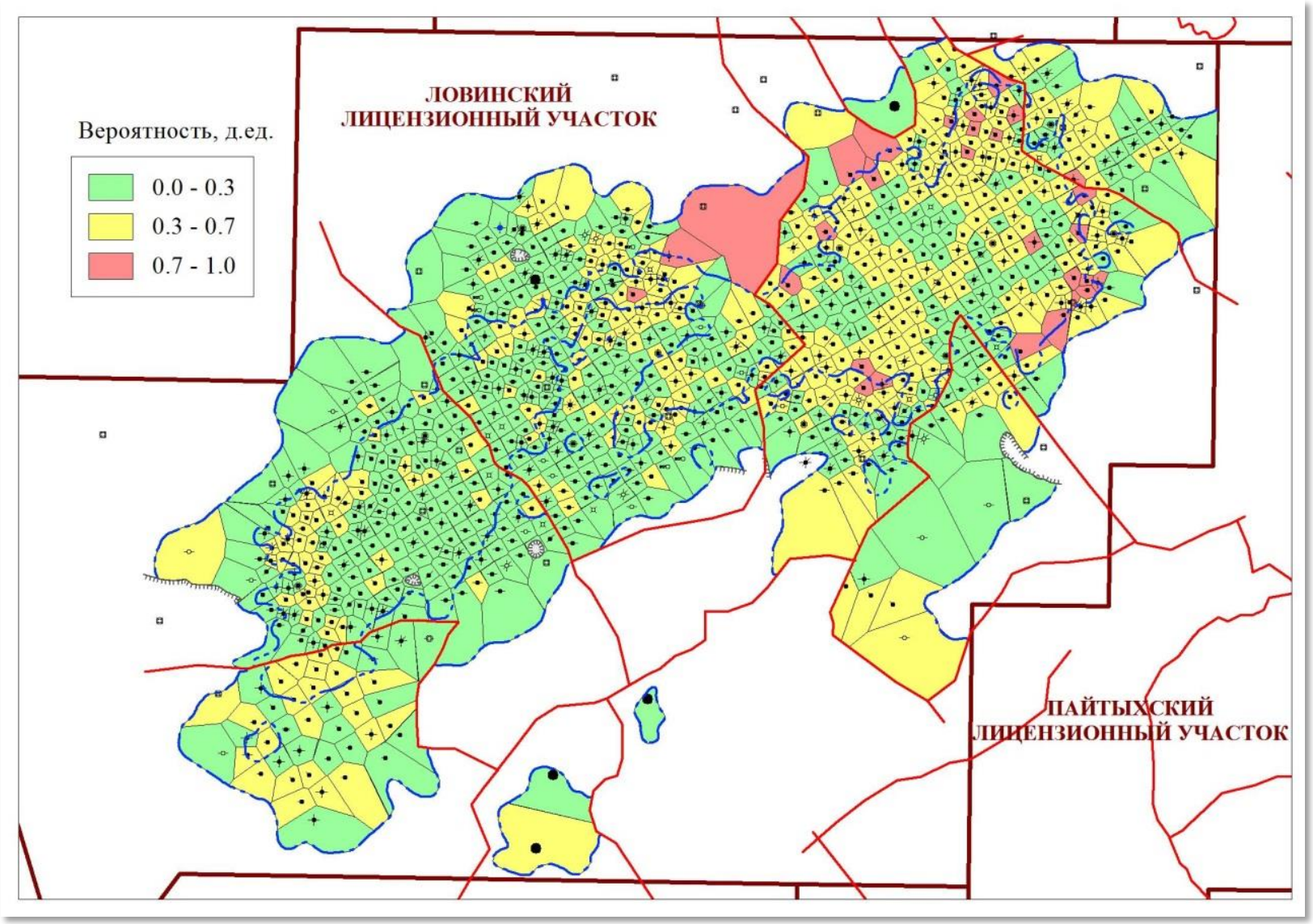
Опробование методики в рамках НИР «Дополнение к технологическому проекту разработки Ловинского месторождения»

ЛУКОЙЛ

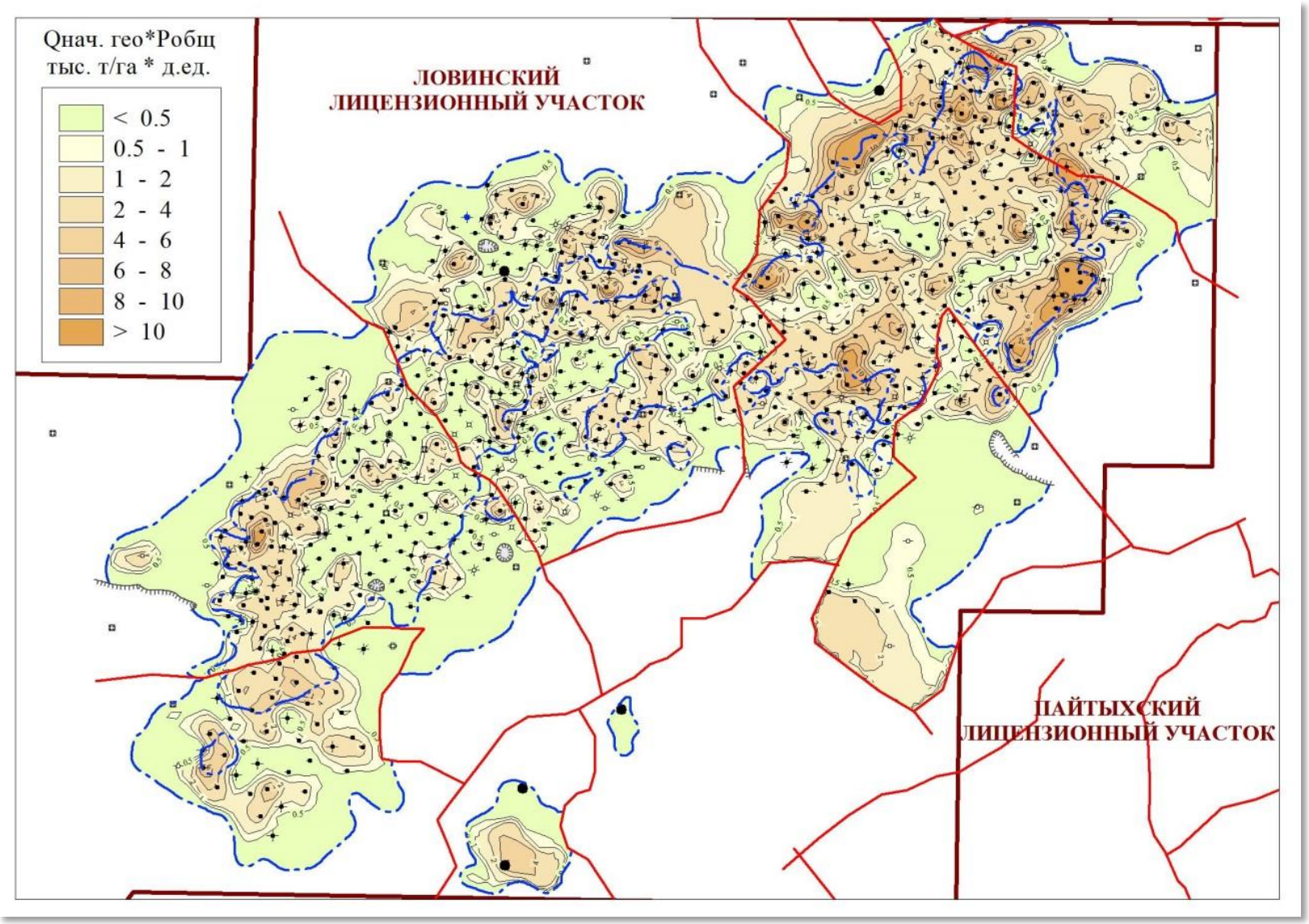
4. ПОСТРОЕНИЕ УТОЧНЕННЫХ КАРТ ВЕРОЯТНОСТЕЙ. КАРТА ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ



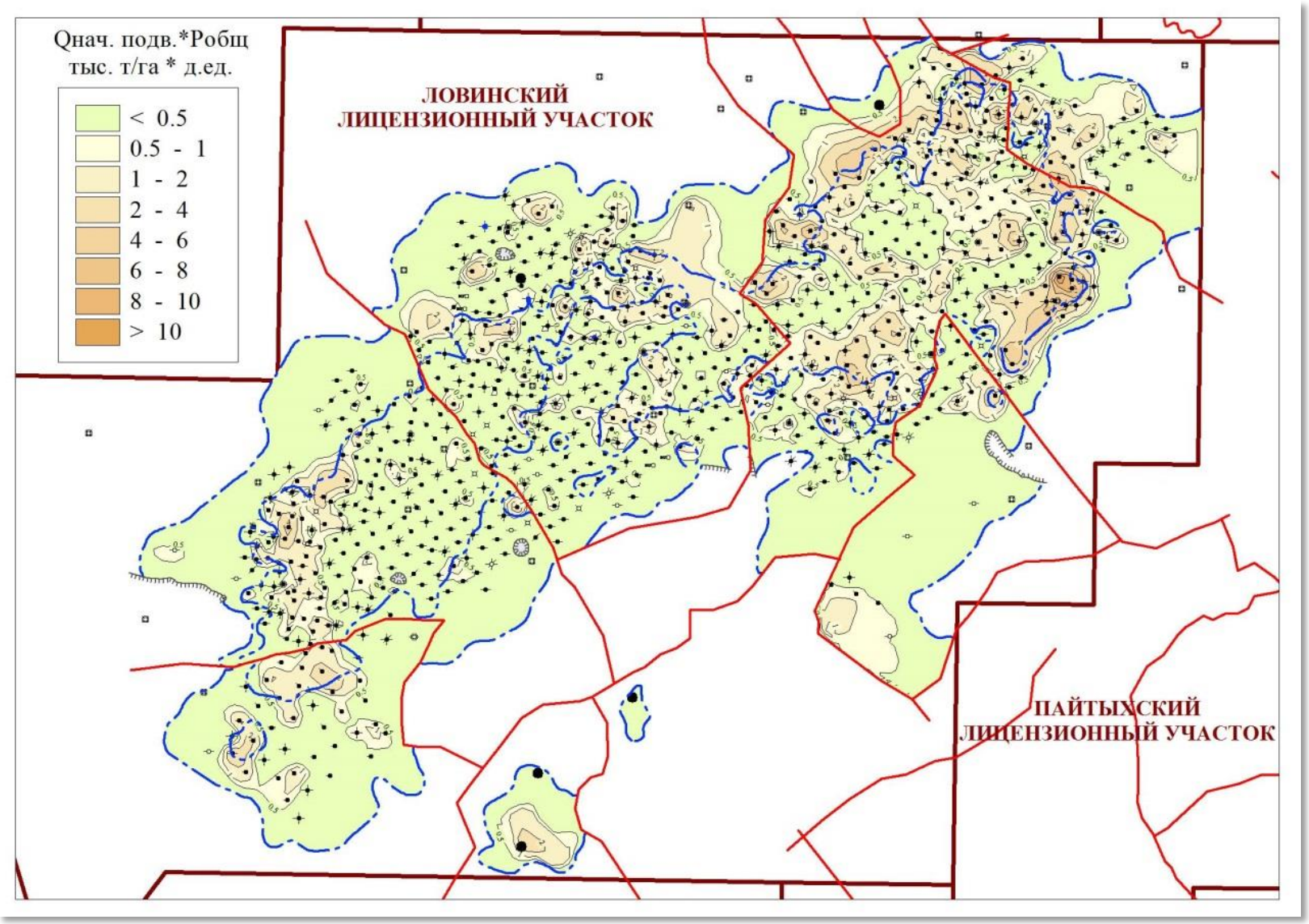
ЗОНАЛЬНАЯ КАРТА ВЕРОЯТНОСТИ НАЛИЧИЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ



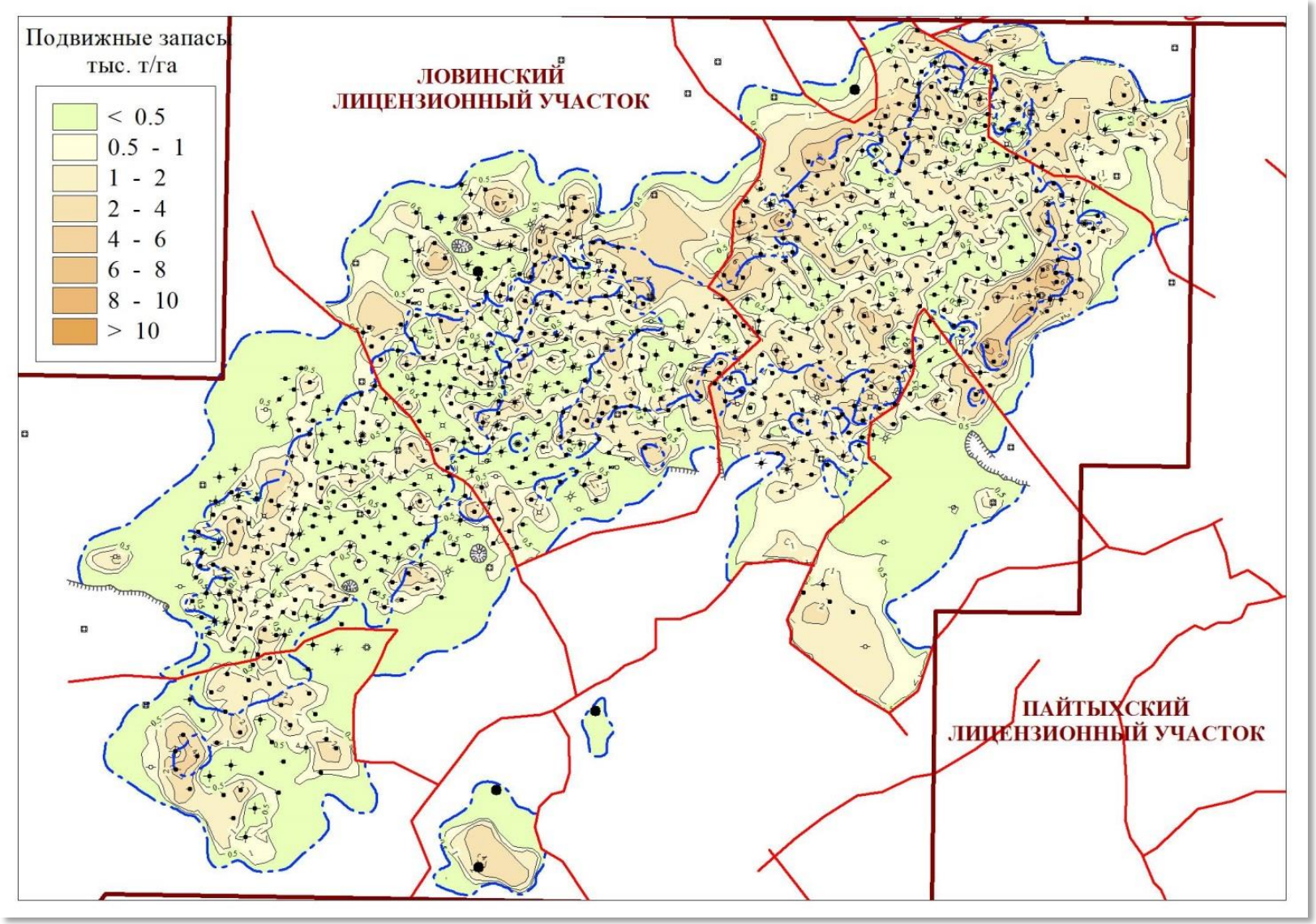
КАРТА ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ И НАЧАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ ИЗ ГДМ



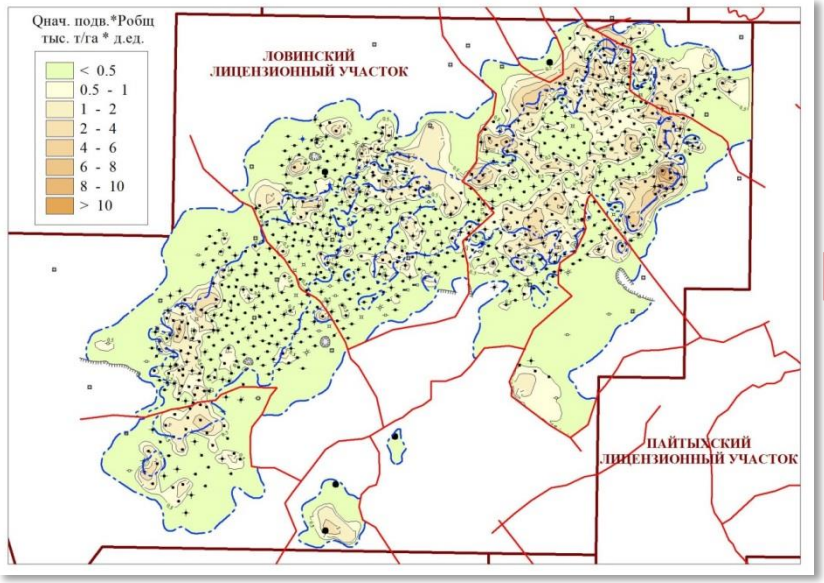
КАРТА ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ И НАЧАЛЬНЫХ ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ ИЗ ГДМ

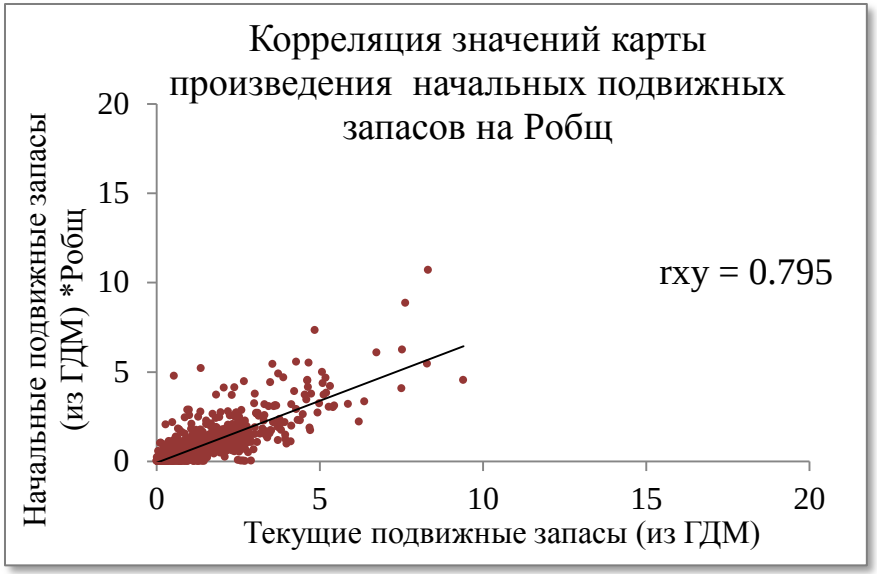


КАРТА ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ ИЗ ГДМ НА 01.01.2017

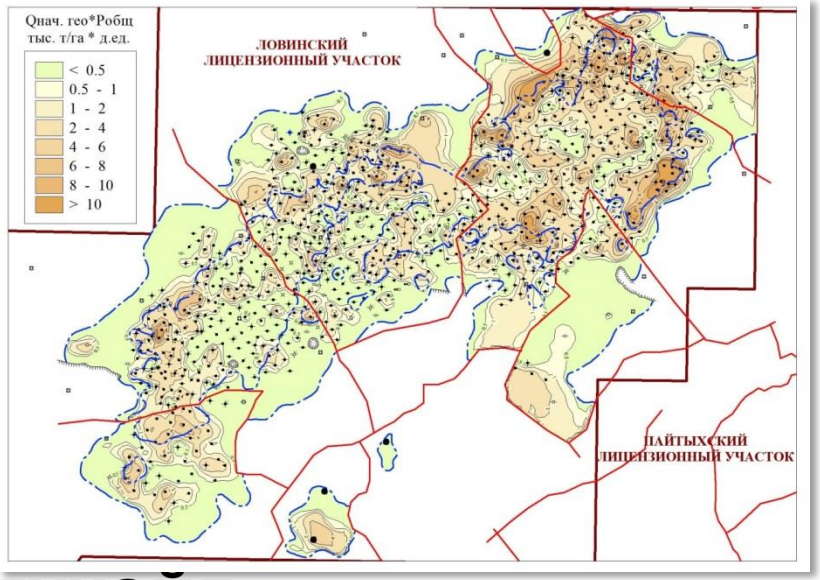


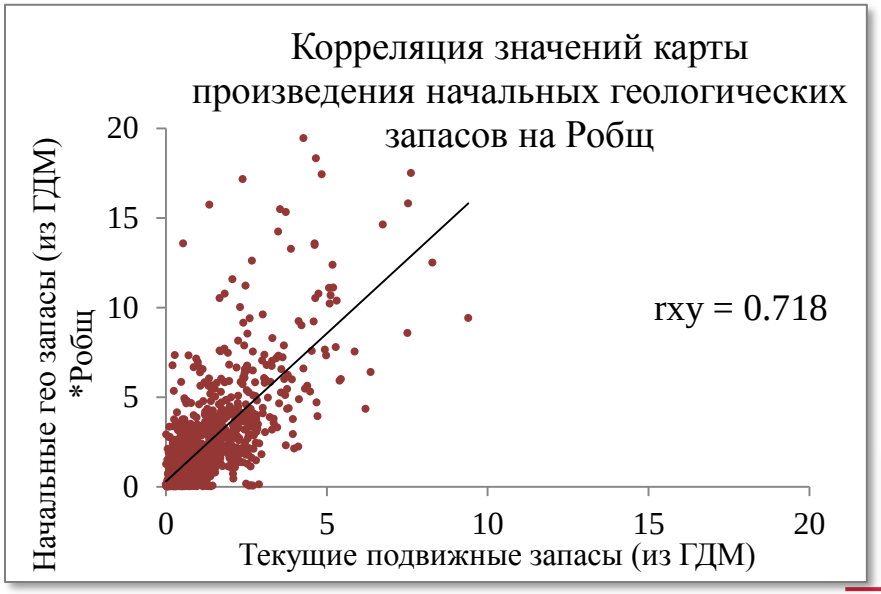
КОРРЕЛЯЦИЯ ПОЛУЧЕННОЙ КАРТЫ ПРОИЗВЕДЕНИЯ И ТЕКУЩИХ ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ ИЗ ГДМ





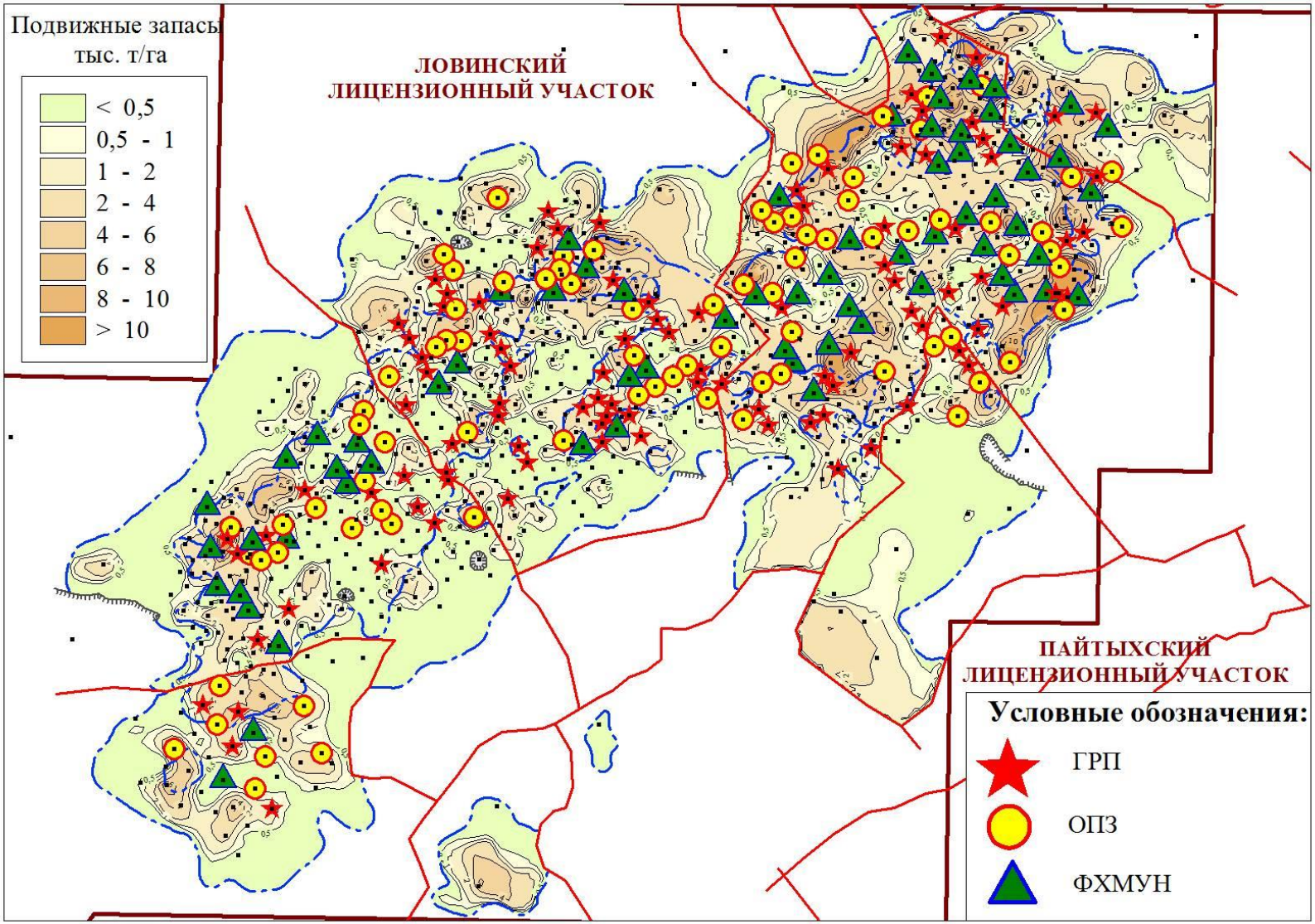
A



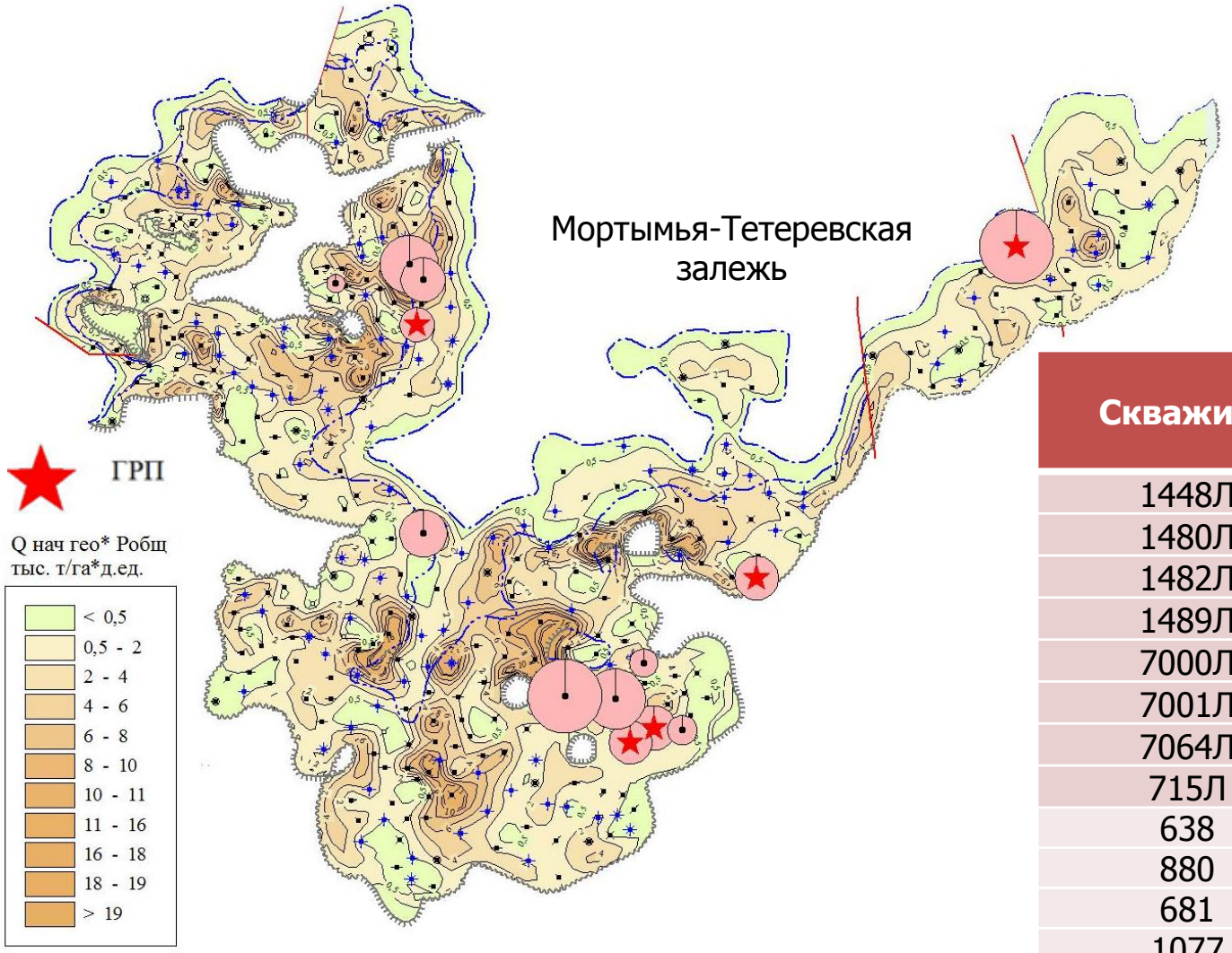


B

ПРОГРАММА ГТМ НА ПЕРСПЕКТИВУ. ЛОВИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ



ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ
МОРТЫМЬЯ-ТЕТЕРЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ



Скважина	ГТМ	Средний прирост, т/сут
1448Л	БГС	5,3
1480Л	БГС	4,9
1482Л	БГС	22,3
1489Л	БГС	33,3
7000Л	БГС	20,5
7001Л	БГС	11,9
7064Л	БГС	2,1
715Л	БГС	13,7
638	ГРП	3,0
880	ГРП	2,0
681	ГРП	3,3
1077	ГРП	9,0
1431	ГРП	3,2

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

1 специалист

3 и более специалистов

Способ	Количество работников, ед.	Средняя заработная плата в день, тыс. р.	Дни для выполнения задачи, ед.	Затраты, тыс. р.
ГДМ	3	2270	22	149,8
Методика вероятностей	1	2270	2	4,5

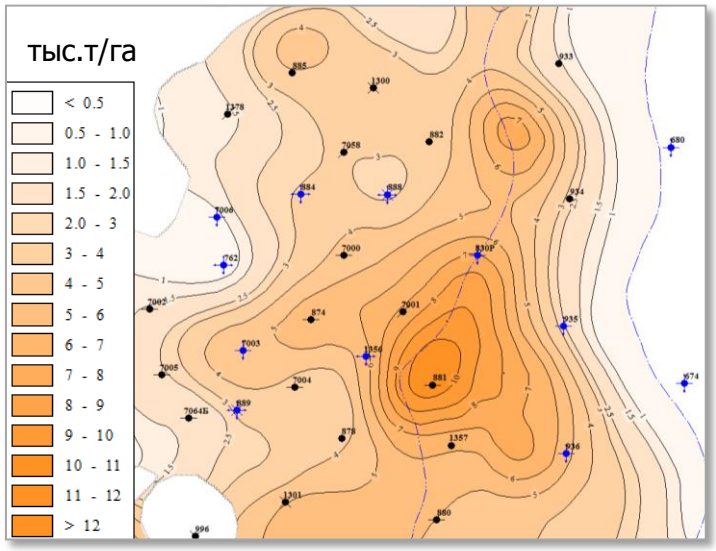
Эффективен в качестве экспересс-метода получения карт вероятности наличия запасов нефти

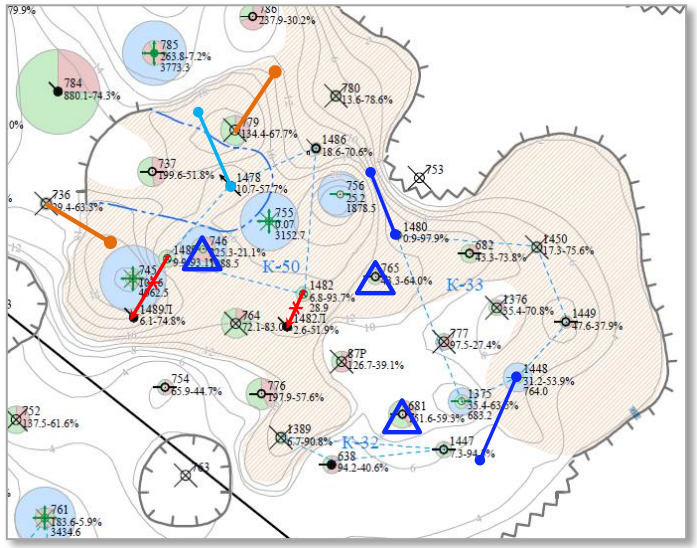
ОБЛАСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

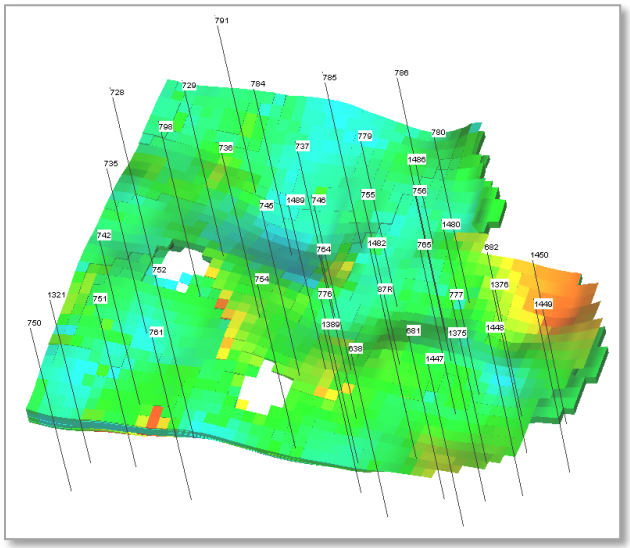
1 **При проектировании: взгляд на выработку запасов нефти**

2 **При оперативном подборе ГТМ**

3 **При настройке ГГДМ**







Применим как экспресс-метод для задач проектирования и моделирования разработки

ВЫВОДЫ

1	**Разработана методика определения вероятностей наличия остаточных запасов нефти**
2	**Полученные карты вероятности наличия запасов имеют высокую взаимосвязь с картой текущих подвижных запасов из ГДМ**
3	**Метод позволяет в короткие сроки оценить выработку запасов на месторождении и определить зоны остаточных запасов нефти**
4	**Метод применен при анализе выработки запасов в рамках НИР «Дополнение к технологическому проекту разработки Ловинского месторождения»**

Пути развития:

Дальнейшее опробование метода на других месторождениях

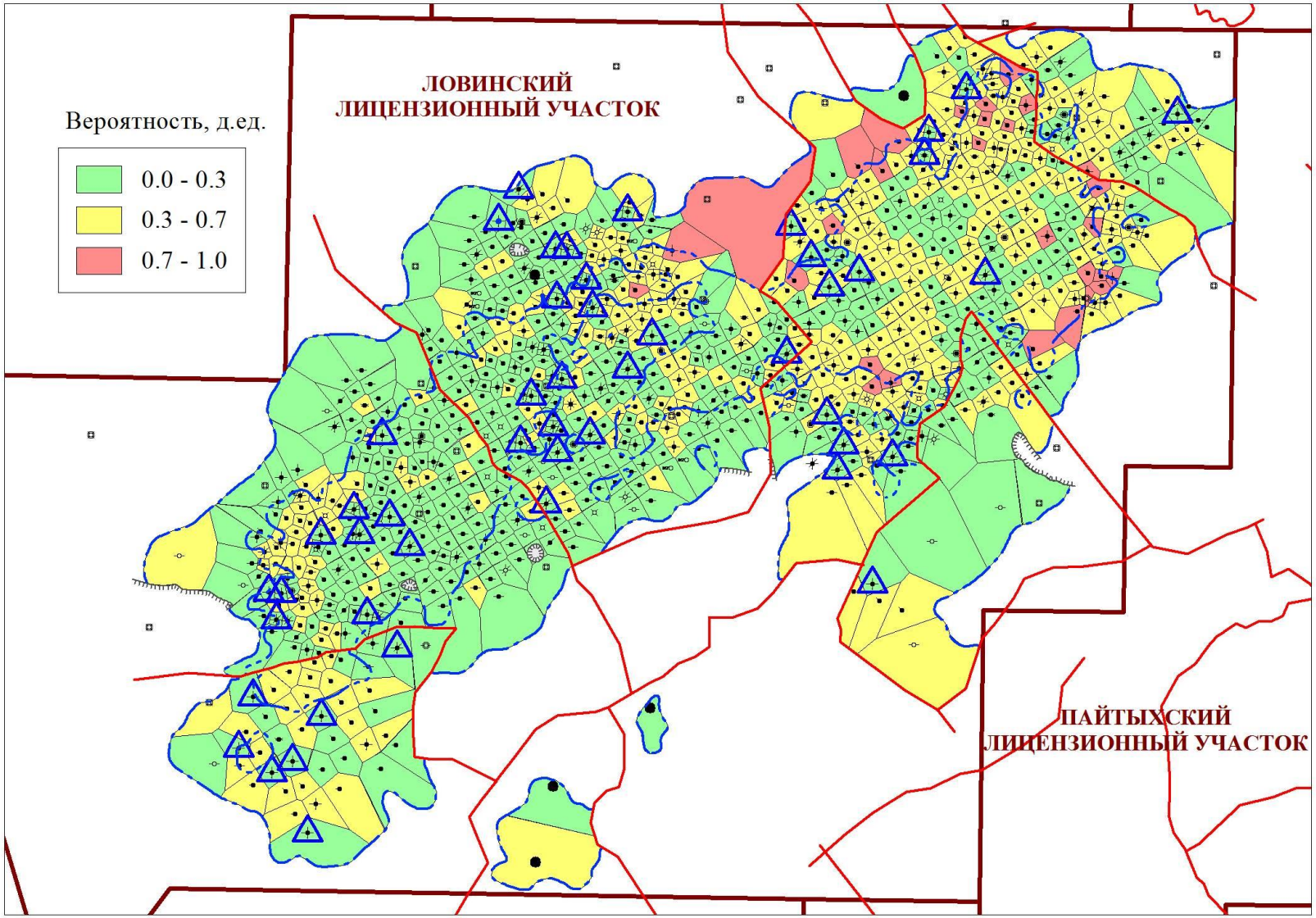
Глубже изучить влияние факторов на величину остаточных запасов

ЛУКОЙЛ
НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ

Всегда в движении!

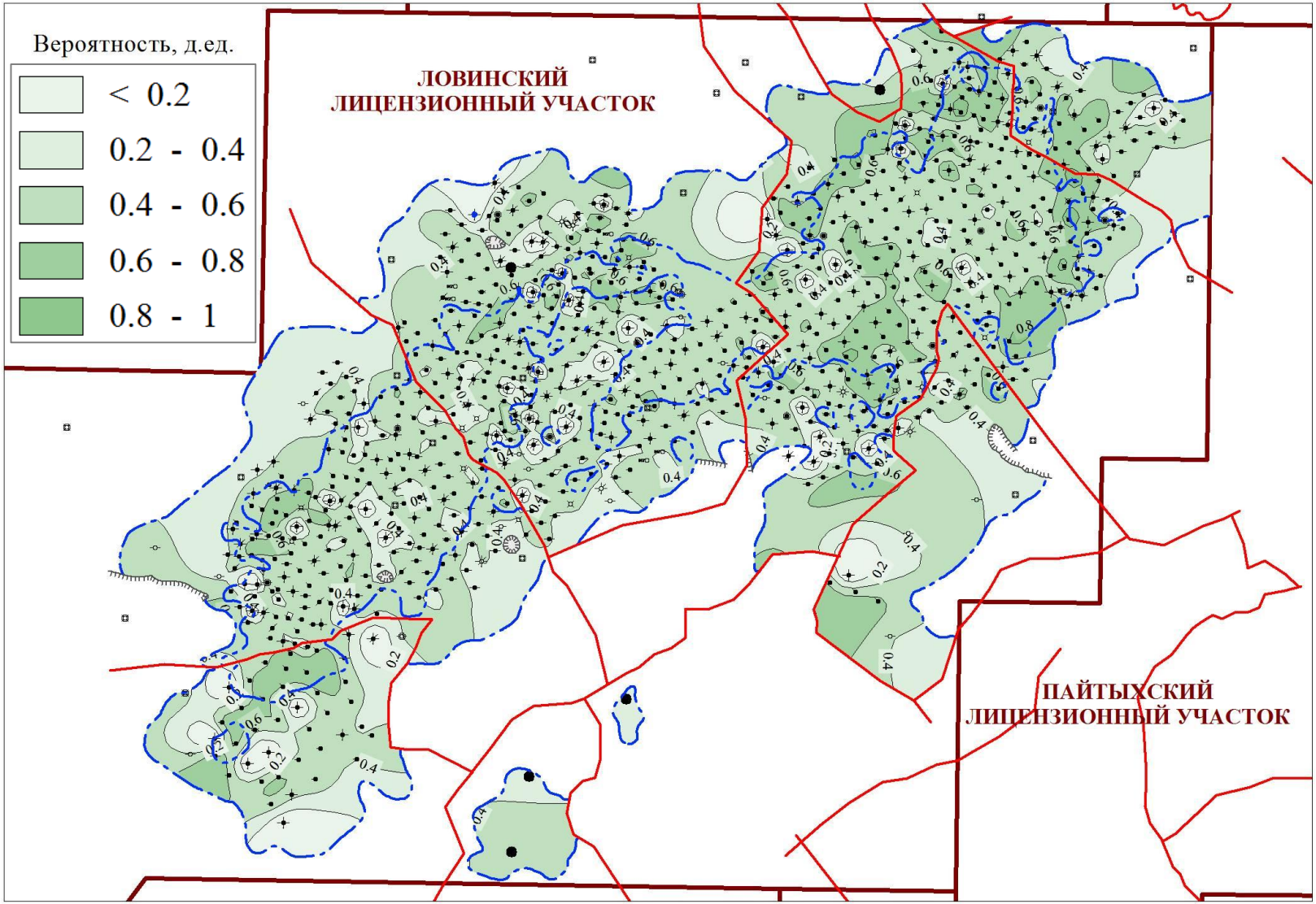
АРХИВ

ЗОНАЛЬНАЯ КАРТА ВЕРОЯТНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ

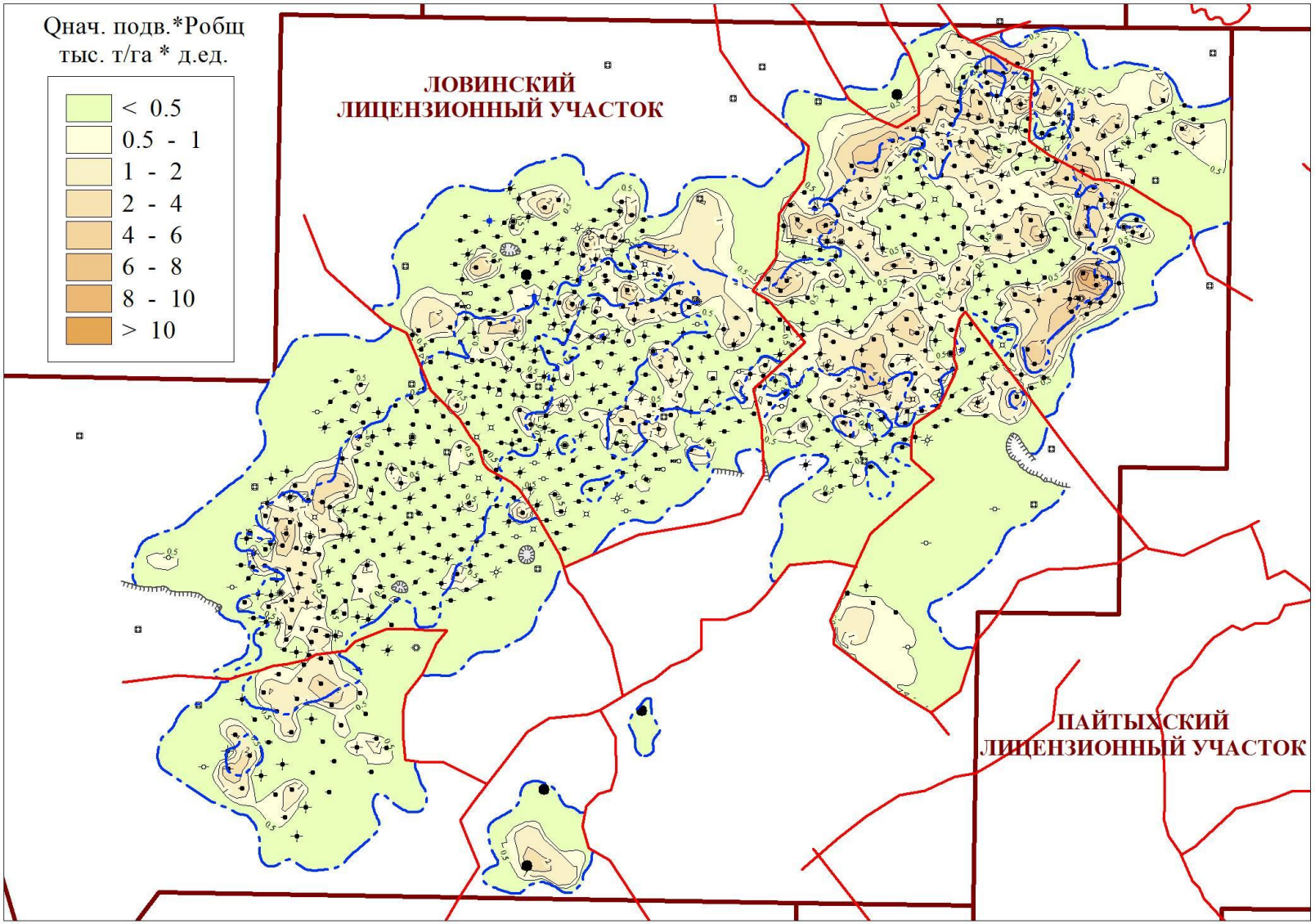


△ Только ППД

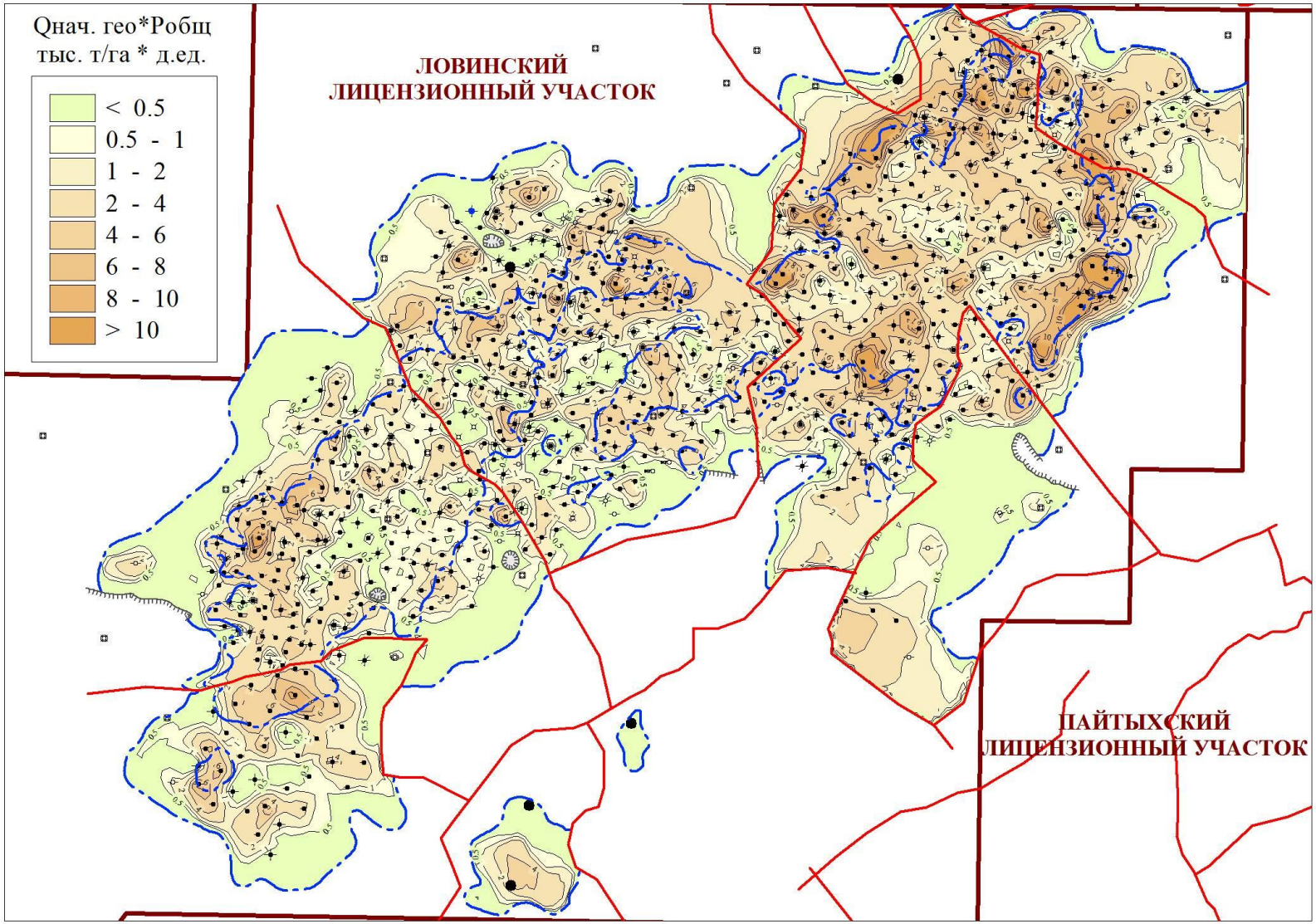
КАРТА ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ ЗАПАСОВ (РАННИЕ ФАКТОРЫ)



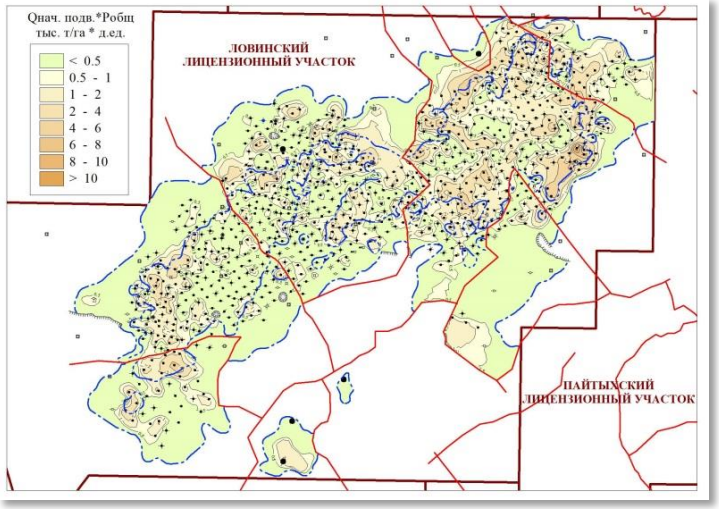
КАРТА ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ И НАЧАЛЬНЫХ ПОДВИЖНЫХ ЗАПАСОВ ИЗ ГДМ (РАННИЕ ФАКТОРЫ)

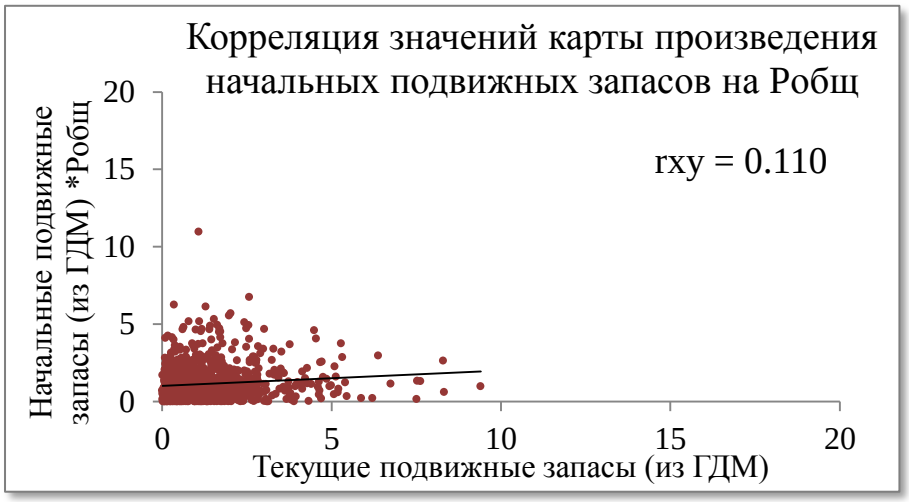


КАРТА ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ И НАЧАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ ИЗ ГДМ (РАННИЕ ФАКТОРЫ)

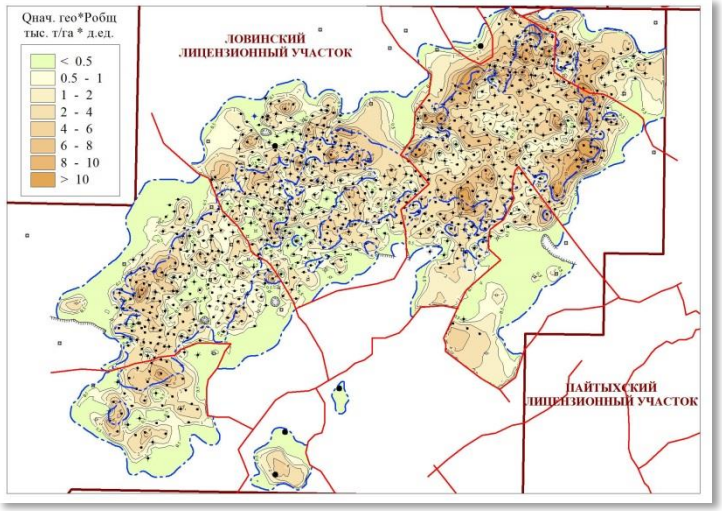


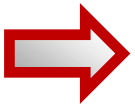
СРАВНЕНИЕ С КАРТАМИ ПОСТРОЕННЫМИ ПО ФАКТОРАМ С НИЗКОЙ КОРРЕЛЯЦИЕЙ

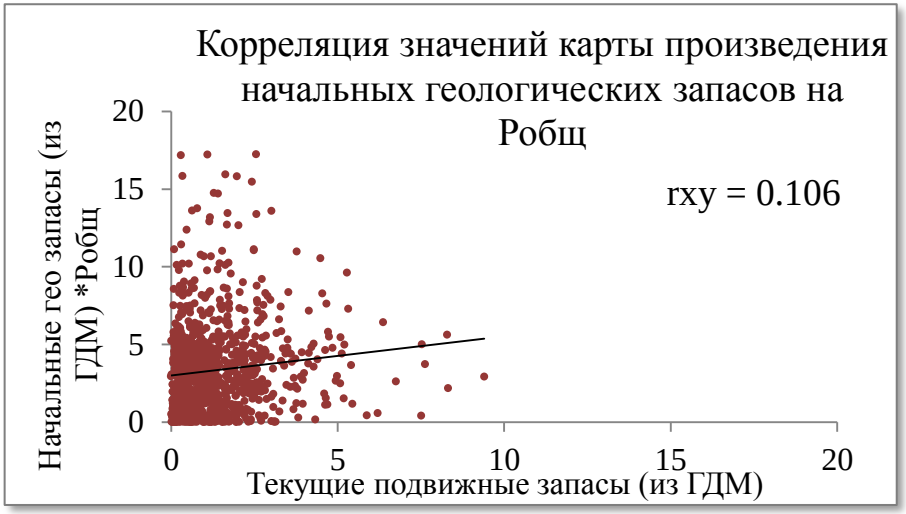




C







D

Повышение качества при учёте факторов с высокой корреляцией