

# Моделирование динамики термокарстовых процессов на поверхности многолетней мерзлоты в условиях глобального потепления

*Полищук В.Ю.<sup>1</sup>, Крутиков В.А.<sup>1</sup>, Полищук Ю.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

e-mail: [liquid\\_metal@mail.ru](mailto:liquid_metal@mail.ru)

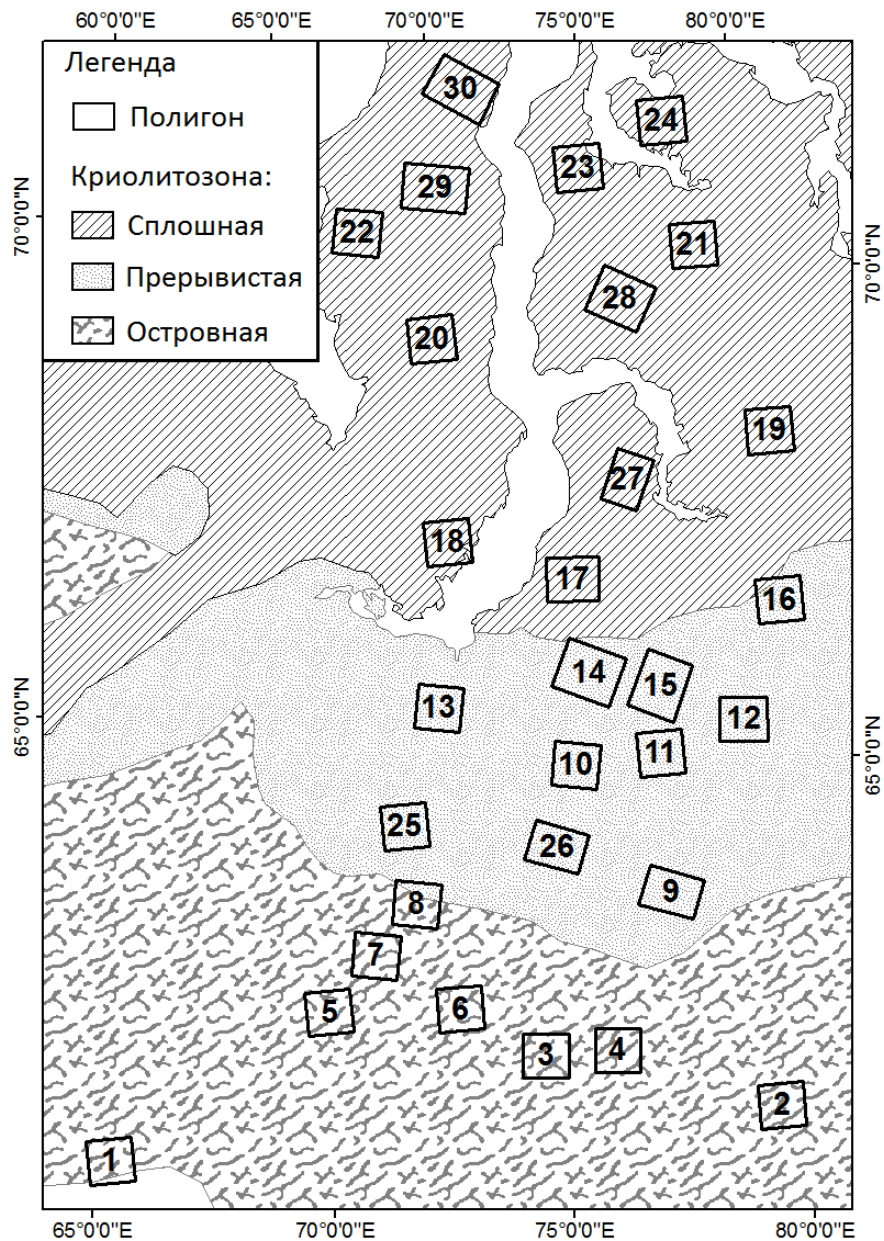
<sup>2</sup> Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий

e-mail: [yupol@uriit.ru](mailto:yupol@uriit.ru)

# Актуальность

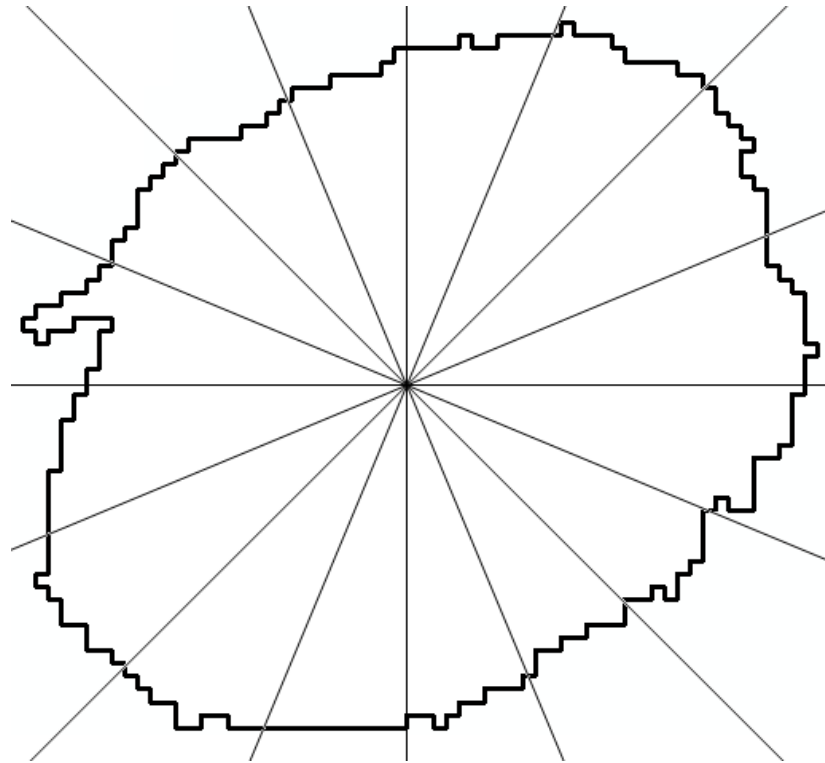
Из-за преобладания облачной погоды пока не удалось сформировать коллекцию космоснимков достаточную для исследования динамики. В связи с этим для исследования термокарстовых процессов целесообразно использовать методы математического моделирования. В настоящее время вопросы моделирования термокарстовых процессов изучены недостаточно полно. Моделирование термокарстовых процессов основано на использовании экспериментальных данных, полученных с использованием данных дистанционного зондирования.

# Карта-схема расположения полигонов в разных зонах мерзлоты на территории Западной Сибири



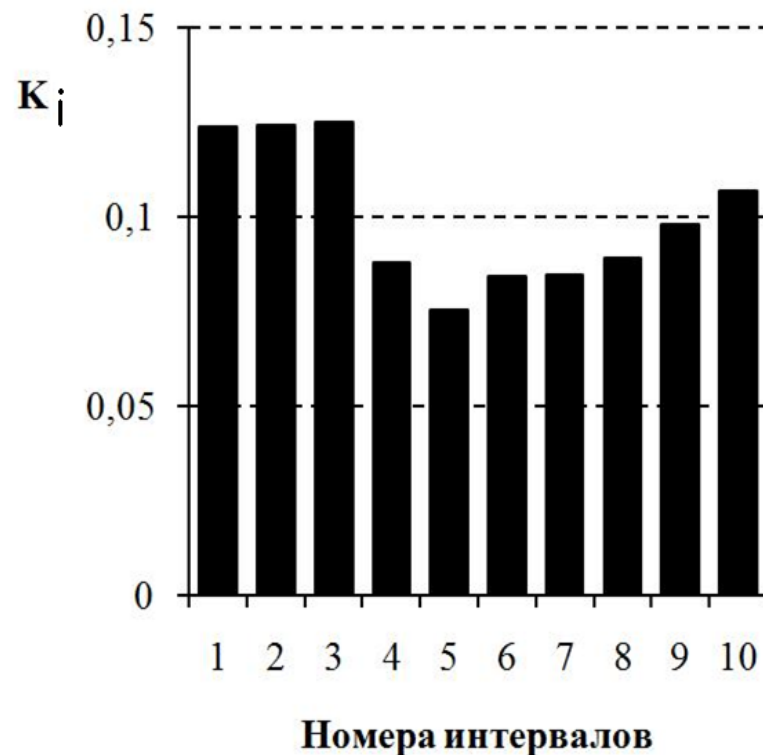
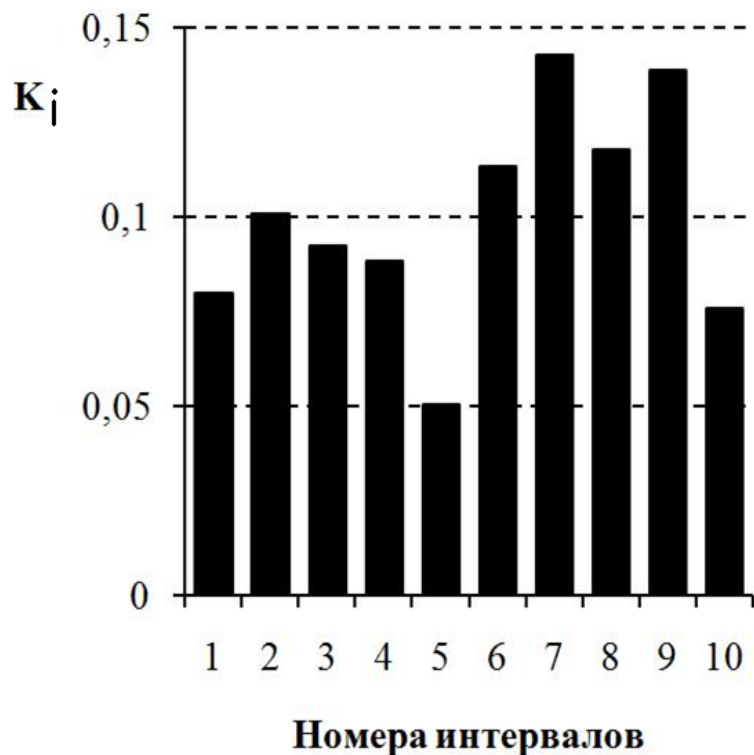
Термокарстовые озера  
космический снимок Landsat-7  
(2001 г)

# Изображение термокарстового озёра на космоснимке с нанесенной лучевой диаграммой



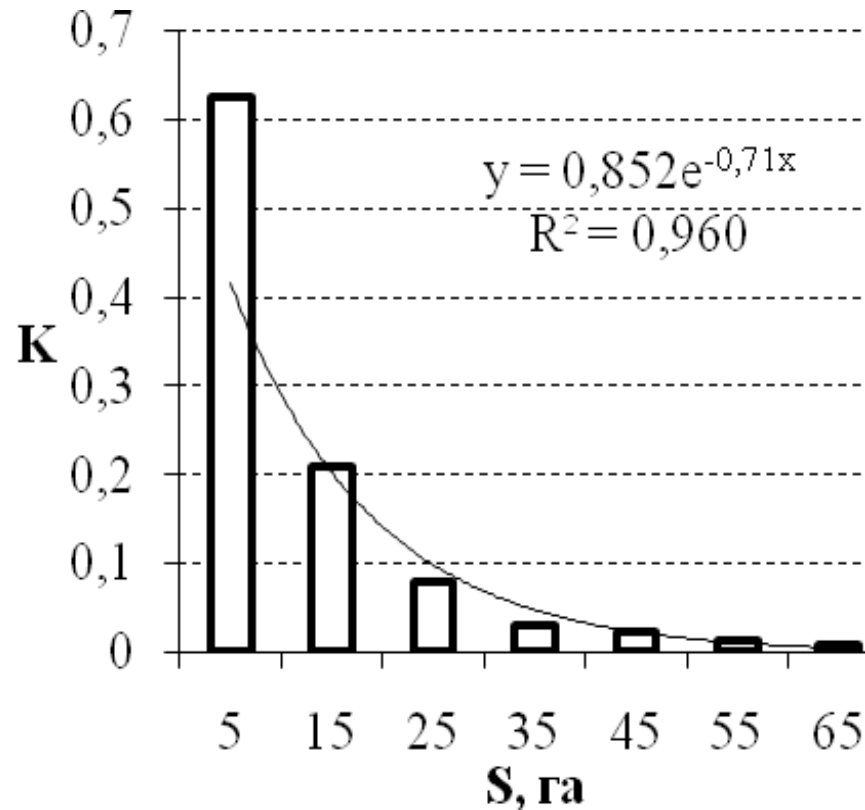
Установлено, что относительная погрешность замены линии береговых границ озёр окружностями не превышает 5%.

# Гистограммы распределения значений географических широты (слева) и долготы (справа) местоположения озер на территории (ТУ-10)



Установлено, что согласно критерию  $\chi^2$  экспериментальные законы распределения координат центров озер на плоскости соответствуют закону равномерной плотности с вероятностью 95%.

# Гистограмма распределения числа озер по площадям и её аппроксимация (ТУ-10)



$$y = \alpha * e^{-\beta x},$$

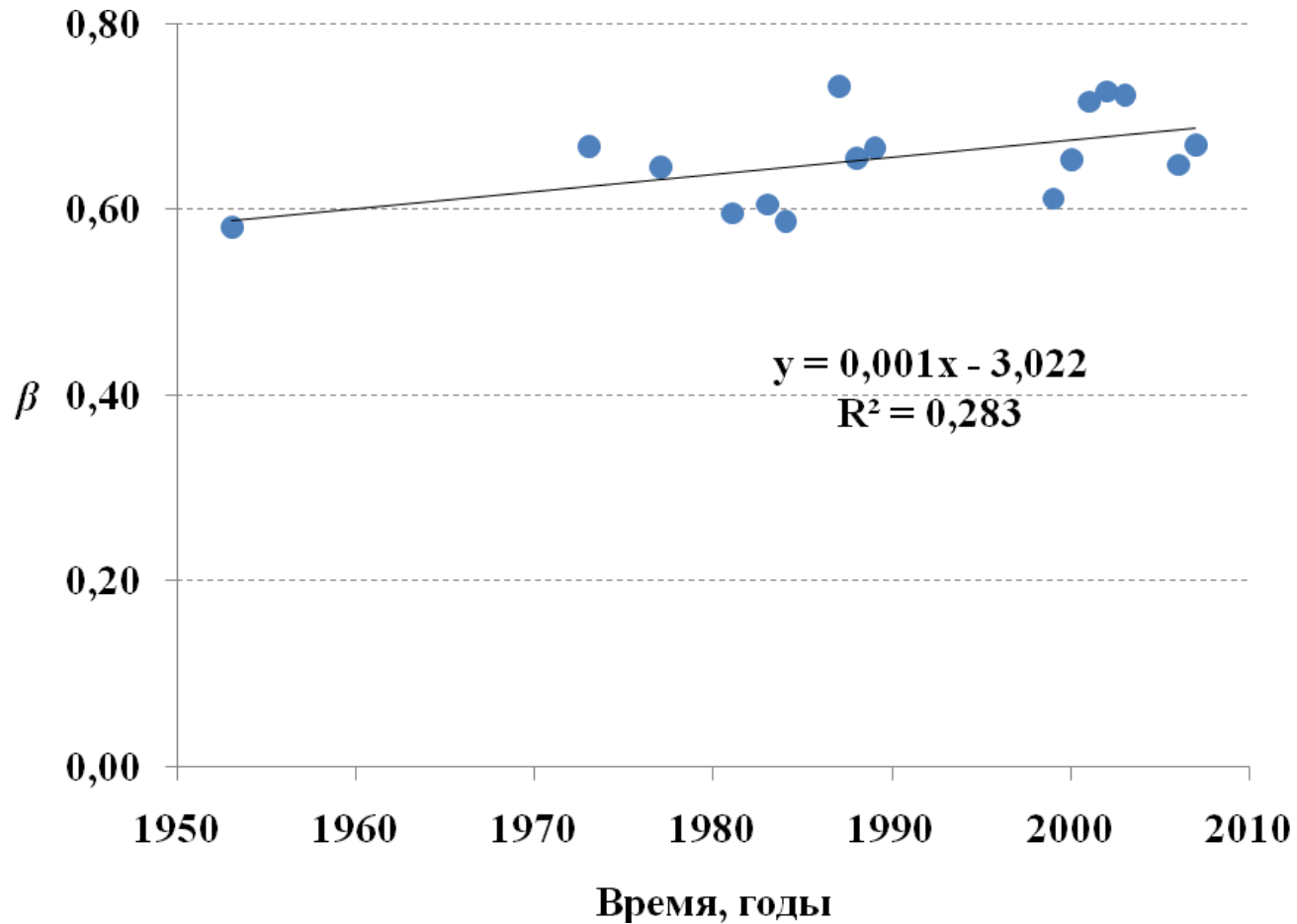
где  $\alpha$  и  $\beta$  - коэффициенты уравнения экспоненциальной аппроксимации.

# Имитационная модель поля термокарстовых озер

Для разработки модели поля термокарстовых озер были приняты следующие положения:

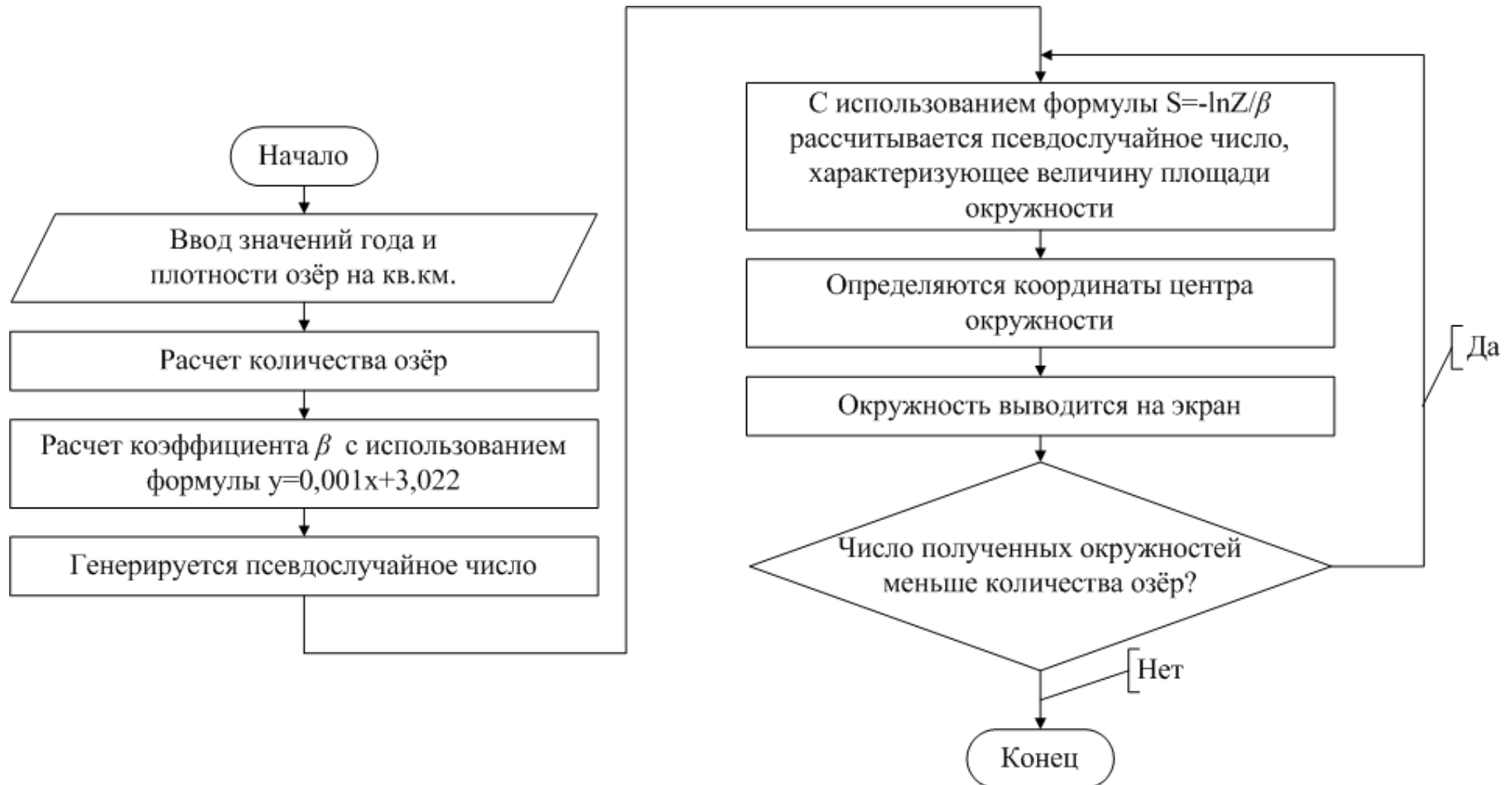
- Форма озера – окружность.
- Закон распределения озер на плоскости – равномерный.
- Закон распределения озер по площадям – показательный.

# Зависимость среднего значения коэффициента $\beta$ от времени





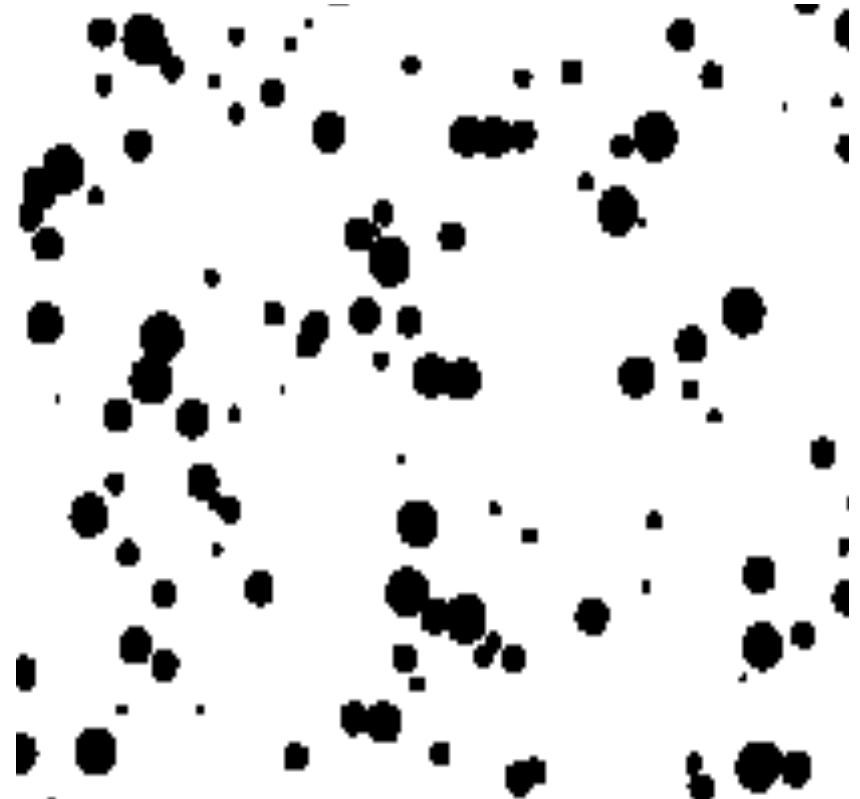
# Алгоритма моделирования динамики полей термокарстовых озёр методом Монте-Карло



# Примеры реального и модельного полей термокарстовых озёр



Космический снимок Landsat-7 (2001 г)

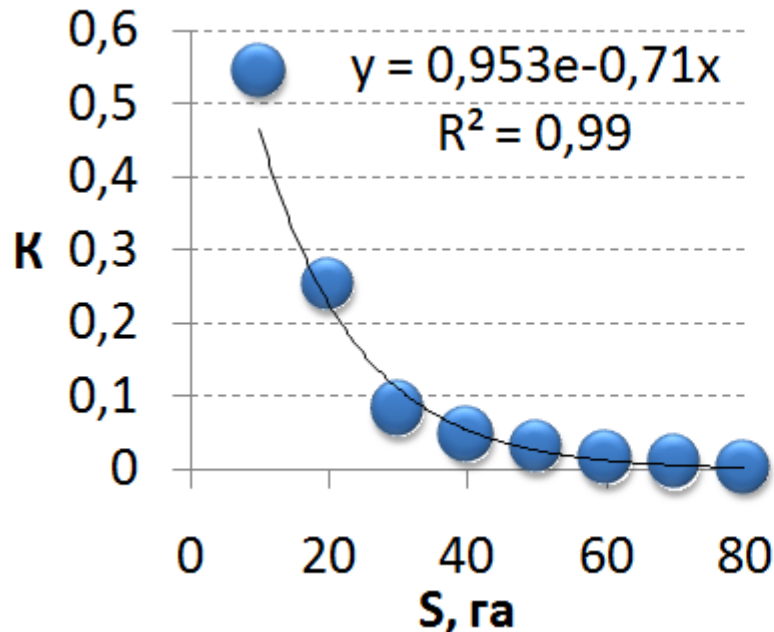


Результат моделирования

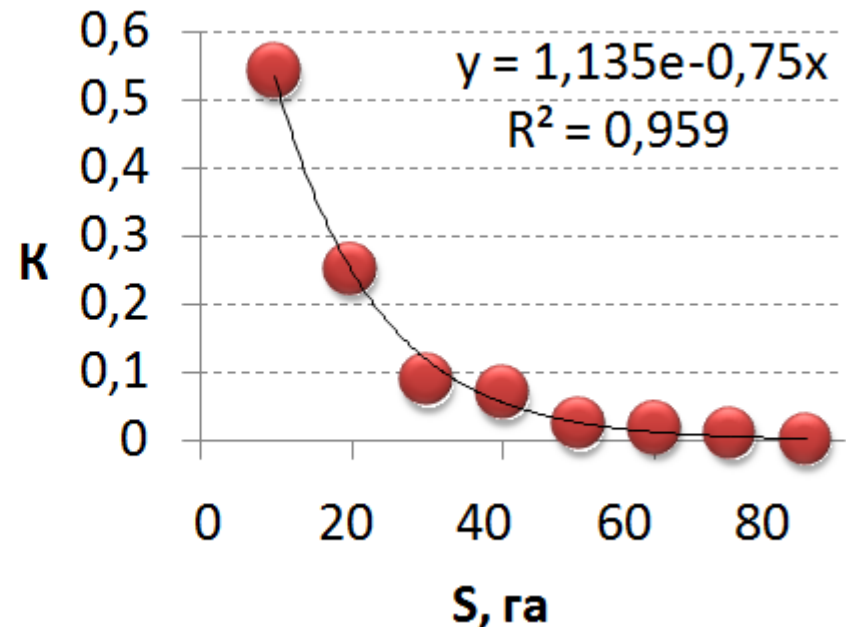
# Проверка адекватности модели

Проверка достоверности моделирования озер с заданным законом распределения проводилась путем сравнения законов распределения термокарстовых озер по их площадям полученным по реальным и модельным данным с использованием критерия  $\chi^2$ .

Закон распределения количества термокарстовых озер по площадям на основе результатов моделирования



Опытные данные



Модельные данные

Получено, что на разных тестовых участках соответствие модельного и экспериментального законов выполняется с вероятностью не менее 70%.

# Заключение

- Определены основные положения имитационной модели поля термокарстовых озёр
- Разработана модель пространственно-временной структуры поля термокарстовых озёр
- Разработан алгоритм моделирования полей термокарстовых озёр
- Исследована и подтверждена адекватность разработанной модели

**Спасибо за внимание!**