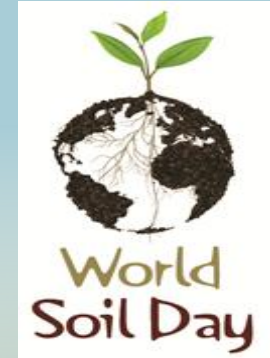




Почвенный институт
им. В.В. Докучаева



МГУ имени М.В. Ломоносова
Географический факультет



Жидкин А.П.

gidkin@mail.ru

МОНИТОРИНГ ИЛИ ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ?

**«Продовольственная безопасность, почвы и
климатически оптимизированное сельское хозяйство»**

Сочи, 5-6 декабря 2019



STOP SOIL EROSION SAVE OUR FUTURE

World Soil Day

5 DECEMBER 2019



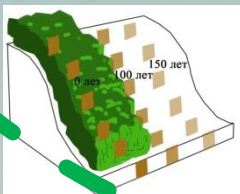
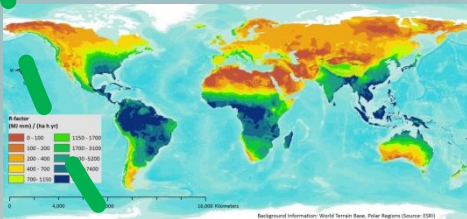
ЭРОЗИЯ ПОЧВ

Факторы

Процесс

Свойства

- Почвенный покров
- Поверхностные воды
- Грунтовые воды
- Ландшафт
- и др.




```
graph LR; A[Эрозия и намыв почв] --> B[Состояние почв]; B --> C[Плодородие почв]; C --> D[Продовольственная безопасность];
```

**Эрозия и
намыв
почв**

**Состояние
почв**

**Плодородие
почв**

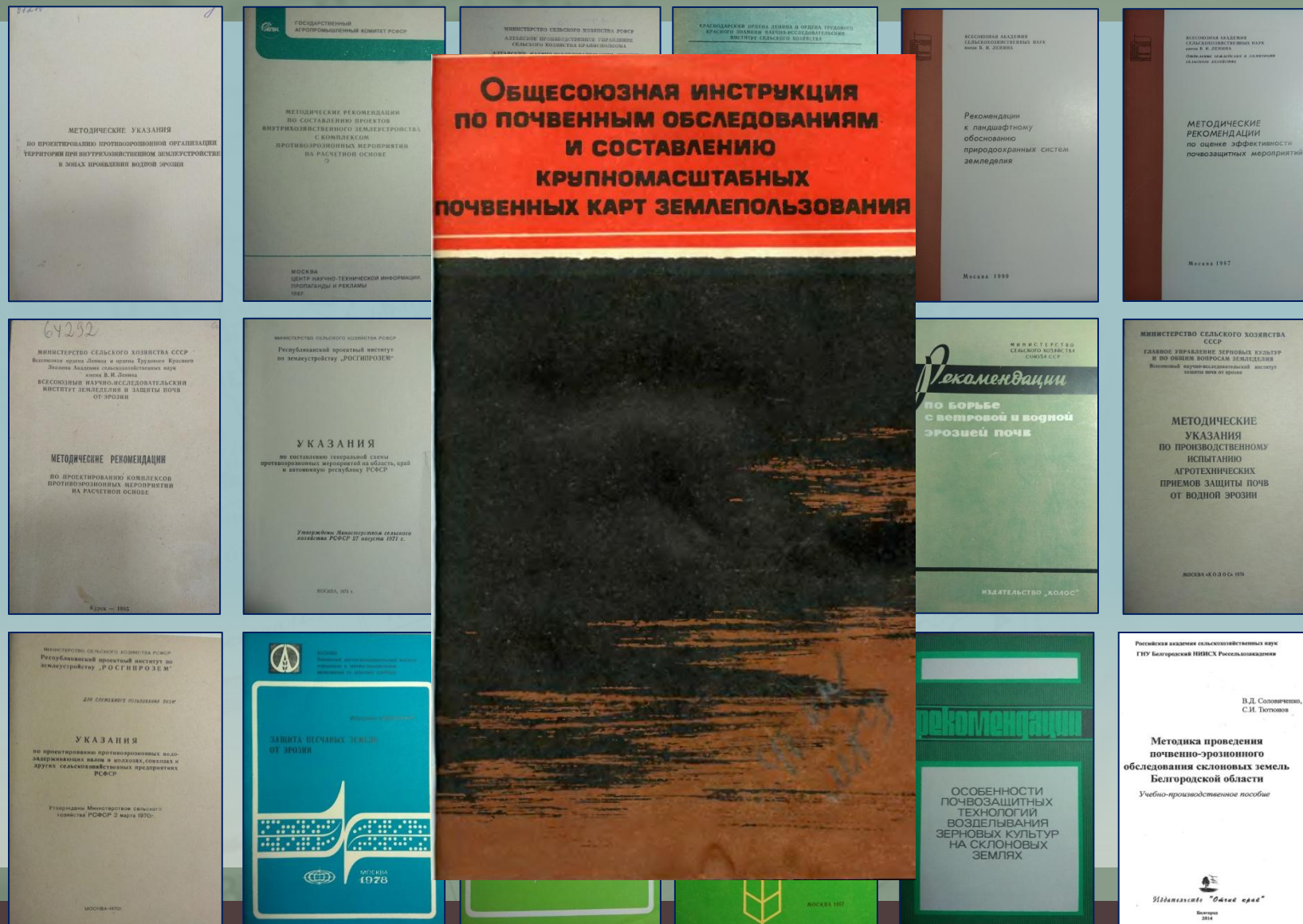
**Продовольственная
безопасность**

ВОПРОСЫ:

- I. Какими методами получена информация о степени эродированности ПП и можно ли ей доверять?
- II. Является ли цифровое моделирование альтернативой существующему мониторингу эродированности ПП?

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭРОДИРОВАННОСТИ ПП В РОССИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВ





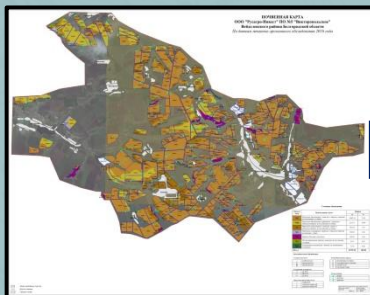
Топографическая карта



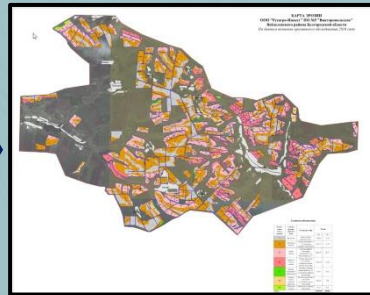
Полевые работы



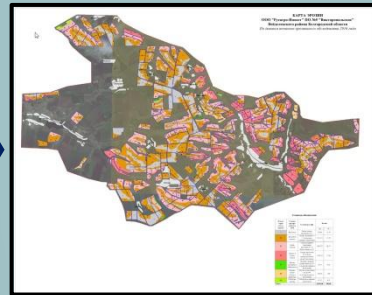
Космические снимки



Почвенная карта

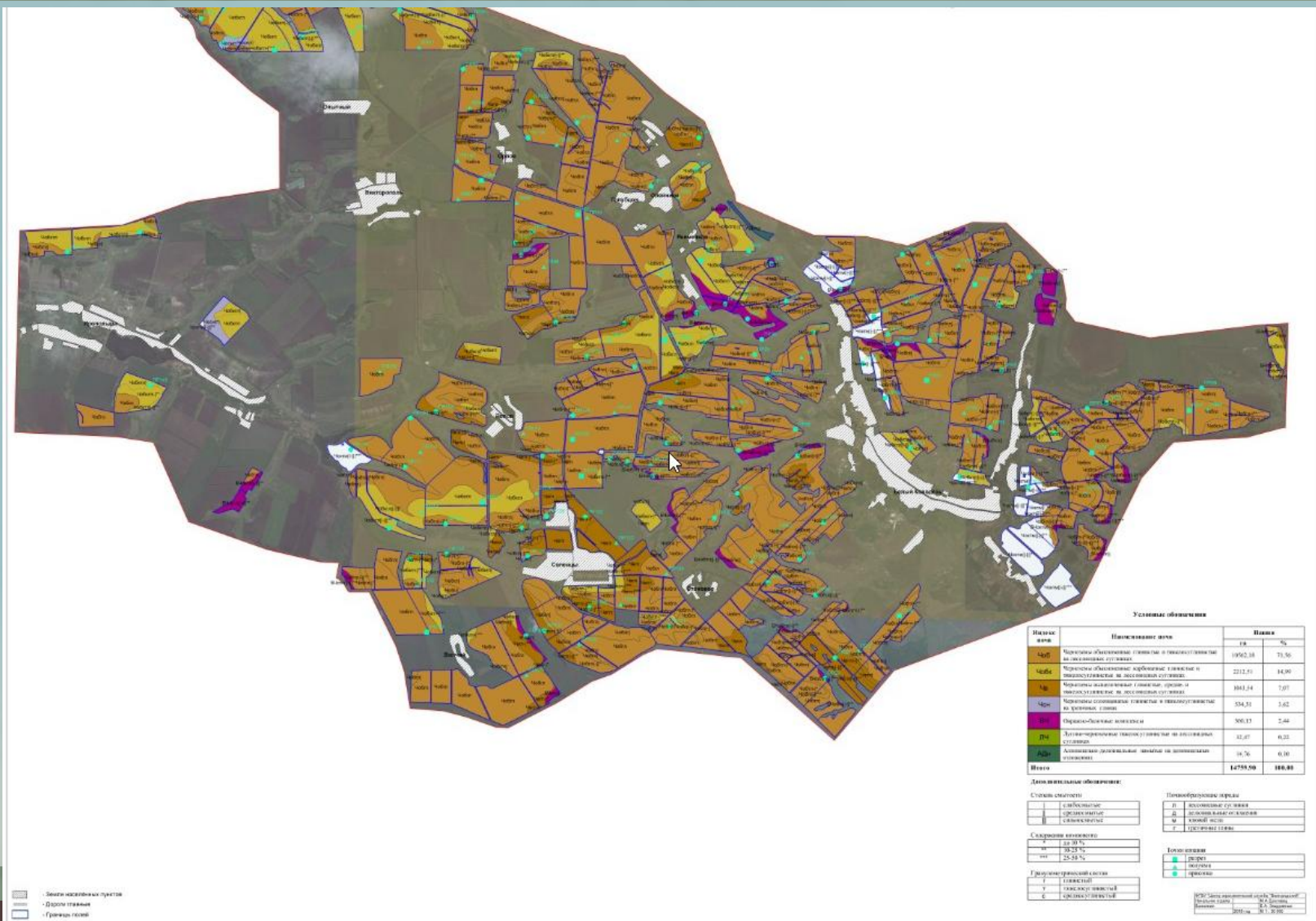


Карта
эродированности ПП

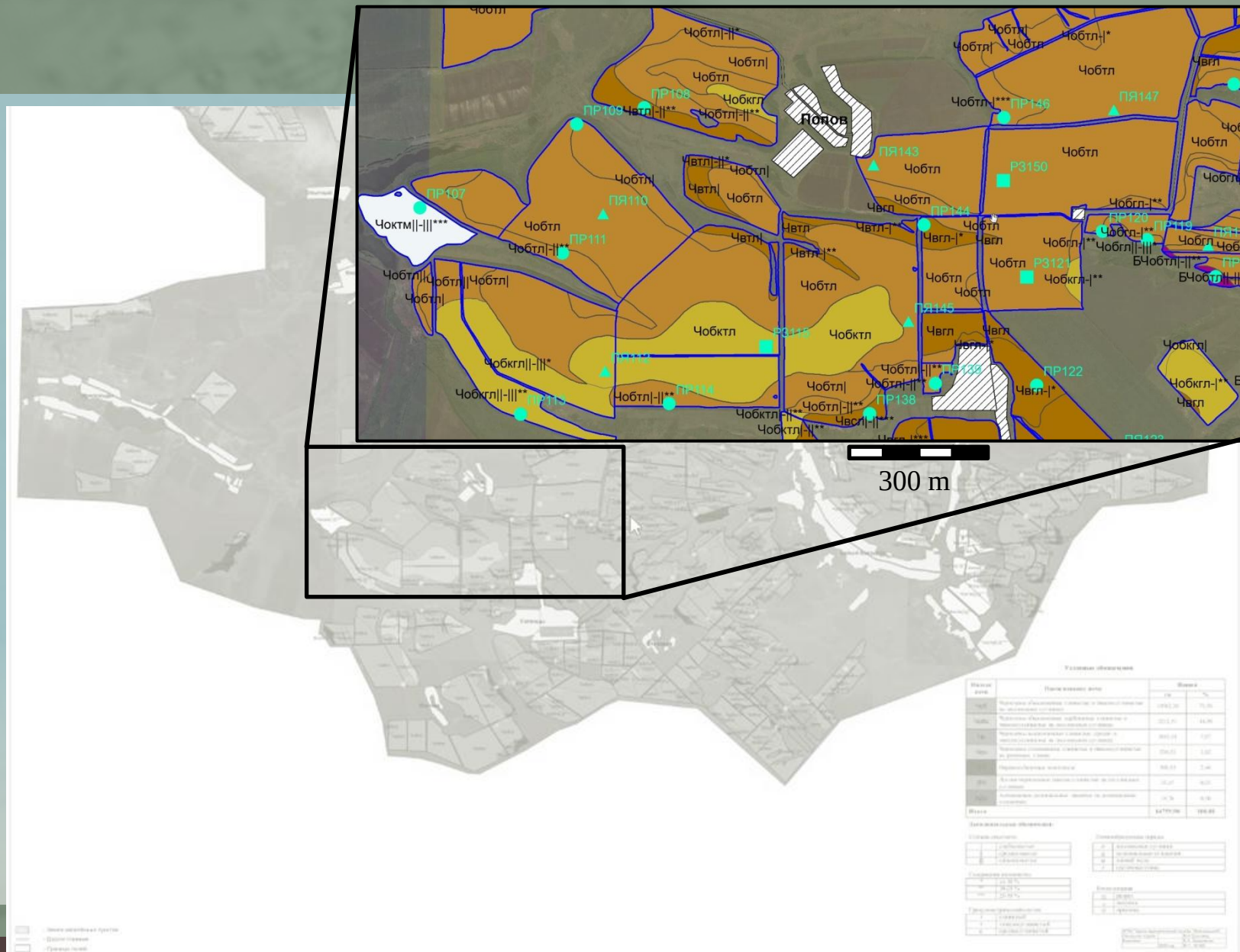


Карта агро-
экологических
типов земель

КАРТА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА



КАРТА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА



ДОСТОИНСТВА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭРОДИРОВАННОСТИ ПП В РОССИИ

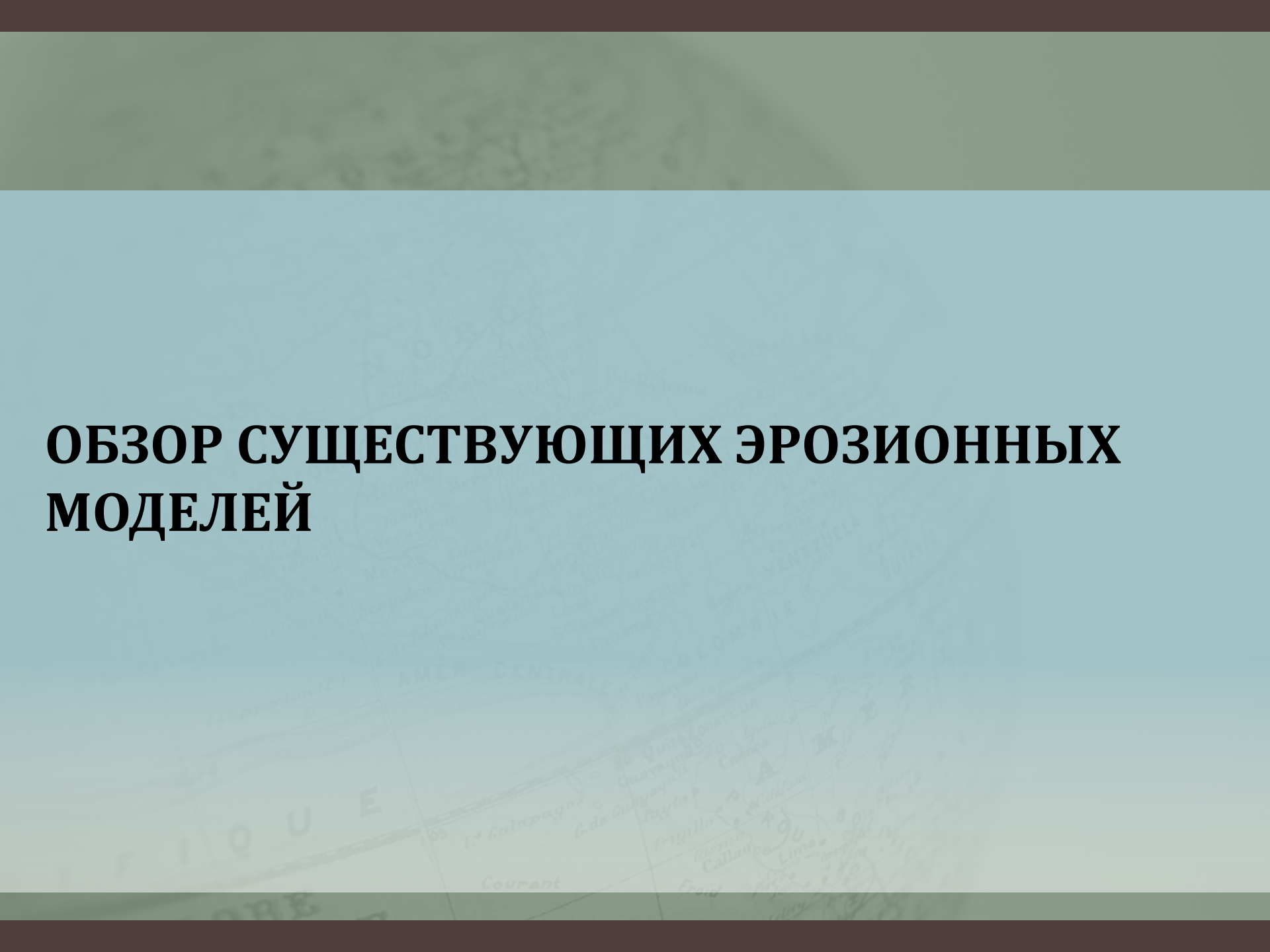
- Простота



НЕДОСТАТКИ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭРОДИРОВАННОСТИ ПП В РОССИИ



- **Высокая степень субъективности**
- **Низкая производительность**
- **Ограниченные возможности планирования
противоэрозионных мероприятий**

The background of the slide is a faded, light blue map of Central America and the Caribbean region. The map shows the outlines of countries like Mexico, Central American nations, and the Caribbean Sea. Labels for 'AMER. CENTRALE' and 'COLOMBIE' are visible. The map is oriented with North at the top.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭРОЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

ОБЗОРЫ МОДЕЛЕЙ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Karydas et al. (2014)

82

Pandey et al.
(2016)

50

Singh and
Frevert (2006)

24

Merritt et al. (2003)

18

Aksoy and Kavvas
(2005)

17

Schmidt (2000)

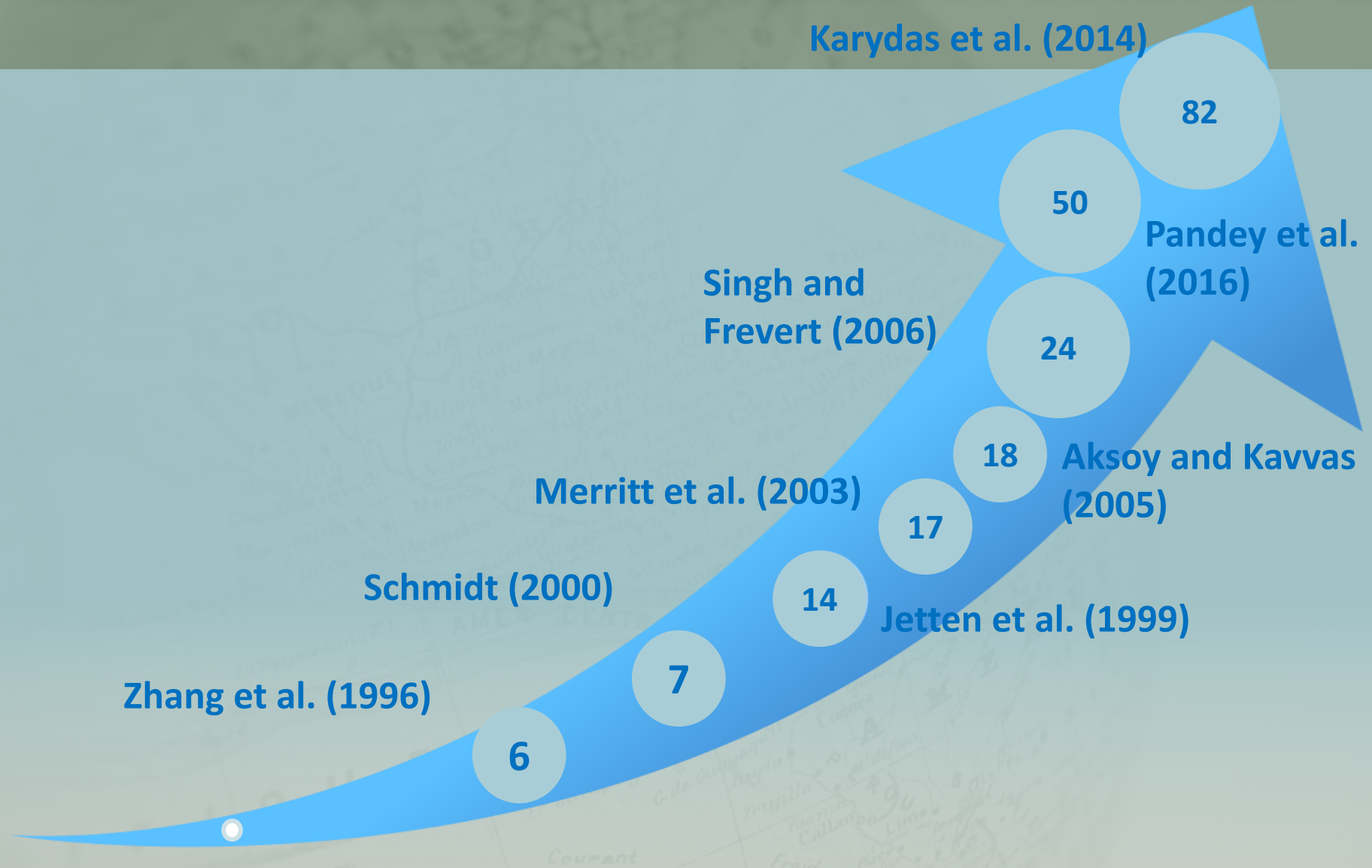
14

Jetten et al. (1999)

7

Zhang et al. (1996)

6



МОДЕЛИ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ В СССР И РФ



- Модель **Г.И. Швебса** (1974, 1979, 1981)
- Модель **Ц.Е. Мирцхулавы** (1970)
- Модель Гидрологического института (ГГИ) (1979)
- Модель **Г.П. Сурмача** (1979)



- Модель **Г.А. Ларионова** (1993) – основана на USLE + модель ГГИ
- Модель **А.А. Светличного** (2004, 2010 и др.) – основана на модели Г.И. Швебса
- Модель **Ю.П. Сухановского** (2008, 2010, 2013 и др.) – с применением уравнения Ц.Е. Мирцхулавы

ВЫБОР МОДЕЛИ

- Алгоритм модели
- Оцениваемый период времени
- Масштаб объекта исследования
- Интеграция в компьютерные программы и онлайн сервисы



АЛГОРИТМ

**Эмпирические
модели**



**Физически
обоснованные
модели**



Простота применения

Входные параметры

Масштаб

Прогноз

Точность



ОЦЕНИВАЕМЫЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ

Многолетний смысл	Единичные события	Любой период времени
AnnAGNPS, HSPF, ANSWERS- OPUS, continuous, PESERA, APEX, WATEM/ CREAMS, SEDEM, GAMES, SPUR, GLEAMS, SWIM HYPE, и другие	ACTMO, ANSWERS, AGNPS, DWSM, EGEM, EUROSEM, GUEST, IDEAL, KINEROS, LISEM, MEDALUS, MEFIDIS, MULTSED, PALMS, PEPP- HILLFLOW, PERFECT, RHEM, RillGrow, RUNOFF, SEDIMOT, SHETRAN, SMODERP, TOPOG, WESP и другие	CASC2D, EPIC, GSSHA, IQQM, LASCAM, MIKE 11, PRMS, SHESED, SWAT, SWRRB, TOPMODEL, WEPP и другие

МАСШТАБ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Малый водосборный бассейн (<10 кв. км)

ACTMO,
APEX,
CREAMS,
EGEM,
EPIC,
EUROSEM,
GLEAMS,
GUEST,
PALMS,
PEPP-
HILLFLOW,
PERFECT,
RHEM,
RillGrow,
SMODERP,
SPUR
и другие

Средние и крупные водосборные бассейны

AGNPS,
AnnAGNPS,
ANSWERS,
ANSWERS-
continuous,
CASC2D,
DWSM,
EROSION-
2D/3D,
GAMES,
GSSHA,
HSPF, HYPE,
IDEAL,
KINEROS,
LASCAM,
LISEM,
MEFIDIS,
MIKE 11,
PESERA,
PRMS,
RUNOFF,
SEDEM,
SHESED,
SHETRAN,
SWAT,
SWIM,
SWRRB,
TOPMODEL,
TOPOG,
WESP
и другие

WEPP
WATEM / SEDEM

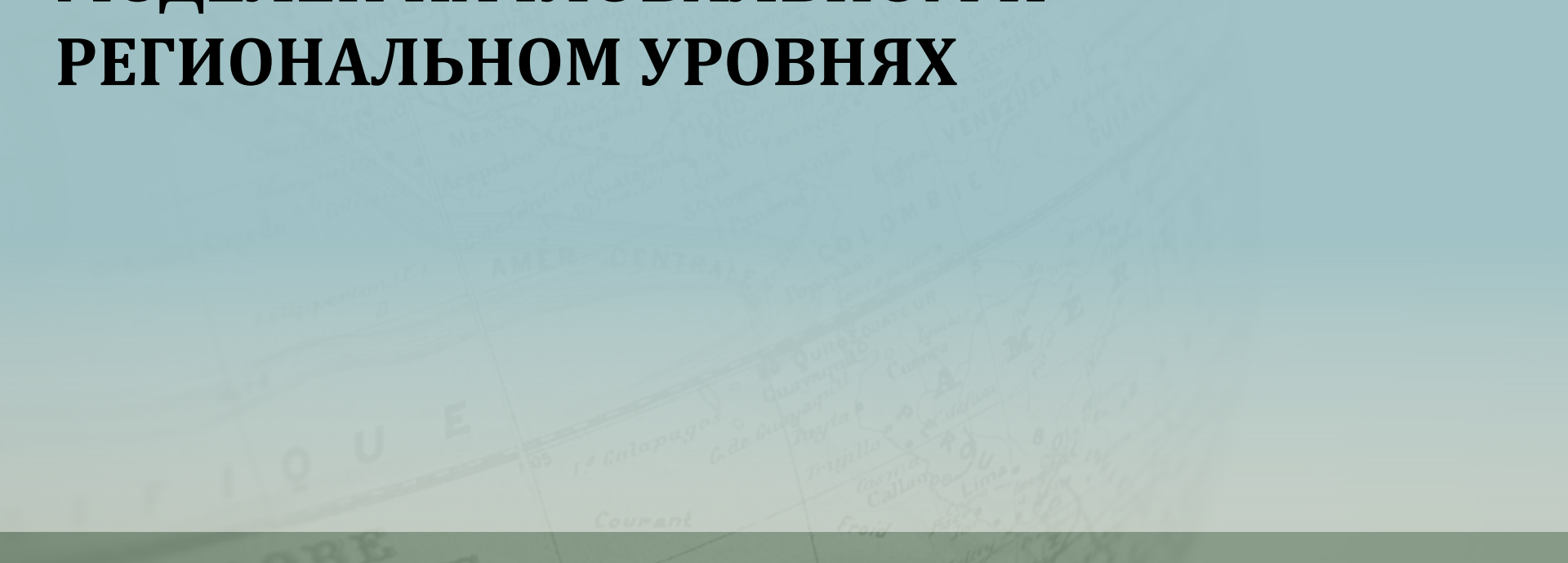
КАЛИБРОВКА И ВАЛИДАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ

De Vente et al.
(2013)

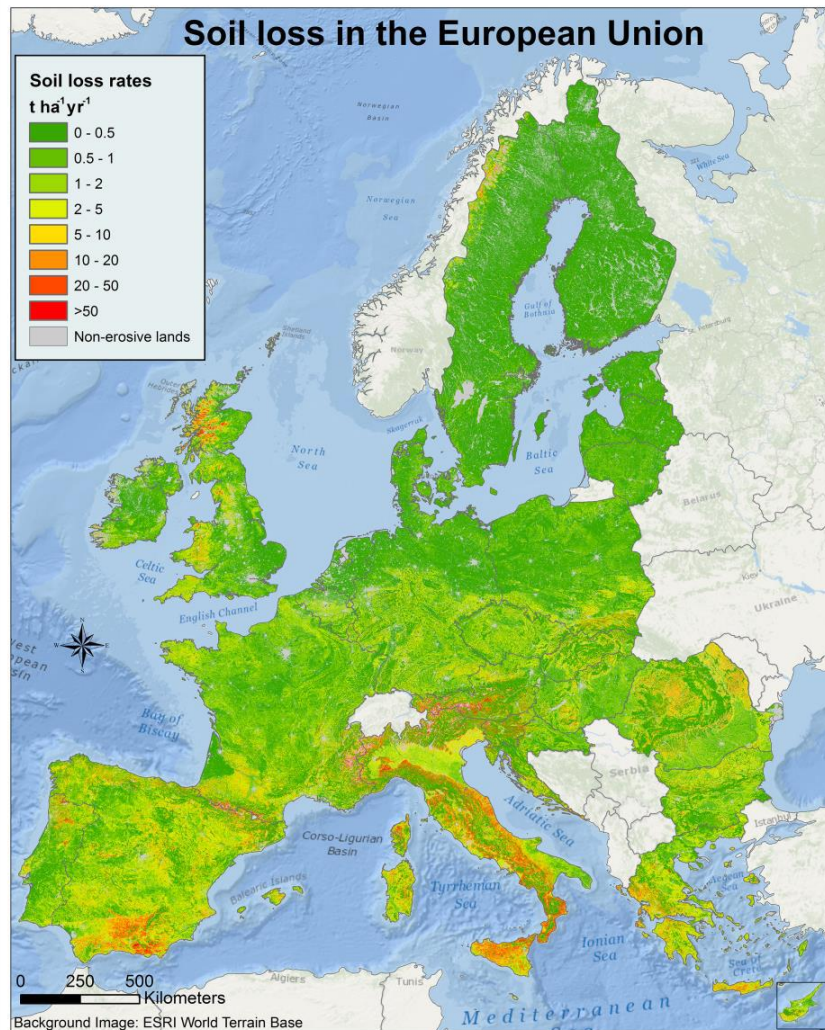
Model	Study region	N	Area (km ²)	Calibration		Validation		Reference
				R ²	ME	R ²	ME	
Linear regression	Spain	61	30–13,000	0.58 ³	0.58 ³	0.17 ³	−0.10 ³	de Vente et al. (2011)
	Italy	16 ²	11–661	0.58 ⁴	0.58 ⁴	0.25 ⁴	0.17 ⁴	
	Italy	16	11–661	0.96 ¹	NA	0.21 ¹	NA	Grauso et al. (2008)
	Ethiopia	11	0.7–24	0.87 ¹	NA	0.78 ¹	NA	Grauso et al. (2008)
	Ethiopia			0.80 ¹	NA	NA	0.66 ¹	Haregeweyn et al. (2008)
ART	Belgium	26	0.07–49	0.96 ²	0.43 ³	0.36 ³	0.88 ²	
	Belgium			0.76 ³	0.81 ²	0.77 ²	NA	Verstraeten and Poesen (2001)
	Global	327	100–3.6 × 10 ⁶	0.92 ²	NA	0.57 ²	NA	Syvitski et al. (2003)
	Spain	61	30–13,000	0.67 ²	NA	0.54 ¹	0.04 ¹	de Vente et al. (2011)
	Ethiopia	50	1–188,500	NA	NA	0.31 ²	−2.62 ²	
BQART	Ethiopia					0.02 ¹	NA	Balthazar et al. (2013)
	Ethiopia					0.64 ²	0.31 ²	
	Global	488	100–3.6 × 10 ⁶	0.96 ²	NA	0.94 ¹	NA	Syvitski and Milliman (2007)
FSM	Ethiopia	50	1–188,500	NA	NA	0.94 ²	NA	Balthazar et al. (2013)
	Colombia	21	458–66,751	NA	NA	0.72 ²	0.68 ²	
	Spain	60	30–13,000	0.69 ¹	NA	0.85 ²	0.72 ¹	Kettner et al. (2010)
	Italy	28	11–661	0.67 ¹	NA	0.72 ¹	0.60 ¹	de Vente et al. (2005)
	Ethiopia	8	0.7–24	0.84 ¹	0.84 ¹	0.61 ¹	0.68 ¹	de Vente et al. (2006)
PSIAC	Ethiopia	8	0.7–24	0.84 ¹	0.84 ¹	0.69 ¹	0.68 ¹	Haregeweyn et al. (2005)
	Spain	60	30–13,000	0.61 ¹	NA	0.59 ¹	0.52 ¹	de Vente et al. (2005)
	Italy	28	11–661	0.55 ¹	NA	0.62 ¹	0.56 ¹	de Vente et al. (2006)
SSY Index	Ethiopia	8	0.7–24	0.87 ¹	NA	NA	0.76 ¹	Haregeweyn et al. (2005)
	Europe	29	278–1.4 × 10 ⁶	0.70 ¹	NA	NA	NA	Delmas et al. (2009)
SPADS	Spain	61	30–13,000	0.39–0.62 ^{1,a}	NA	0.67 ^{1,a}	0.67 ^{1,a}	de Vente et al. (2008)
WATEM–SEDEM	Spain	61	30–13,000	NA	0.09–0.62 ¹	0.48 ^{1,a}	0.35 ^{1,a}	de Vente et al. (2008)
	Spain				0.42–0.84 ²	0.45 ^{2,a}	0.44 ^{2,a}	
	Spain	58	30–13,000	NA	0.84 ²	NA	NA	Boix-Fayos et al. (2008)
	Spain ^b	1	2.84	0.50	0.85	0.86	NA	Alatorre et al. (2012)
	Italy	40	11–661	0.50 ^{1,a}	0.14 ^{1,a}	NA	NA	Van Rompaey et al. (2005)
	Ethiopia	9	0.7–24	0.68 ¹	0.50 ¹	NA	NA	Haregeweyn et al. (2012)
	Ethiopia			0.84 ²	0.83 ²			
	Belgium	21	0.07–49	NA	NA	0.96 ¹	0.89 ¹	Van Rompaey et al. (2001)
	Belgium					0.80 ²	0.70 ²	
	Belgium	19	0.07–49	0.82 ¹	0.77 ²	NA	NA	Verstraeten (2006)
	Belgium			0.97 ²	0.95 ²			
	Meuse River	5 ²	33,000	NA	NA	0.58 ²	0.51 ²	Ward et al. (2009)
	Australia	26	0.4–9.8	0.56 ¹	0.56 ¹	NA	NA	Verstraeten et al. (2007)
	Australia			0.96 ²	0.89 ²			

N - количество водосборов, ME - коэффициент эффективности модели по (Nash, Sutcliffe, 1970)

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭРОЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ГЛОБАЛЬНОМ И РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЯХ



ГЛОБАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ



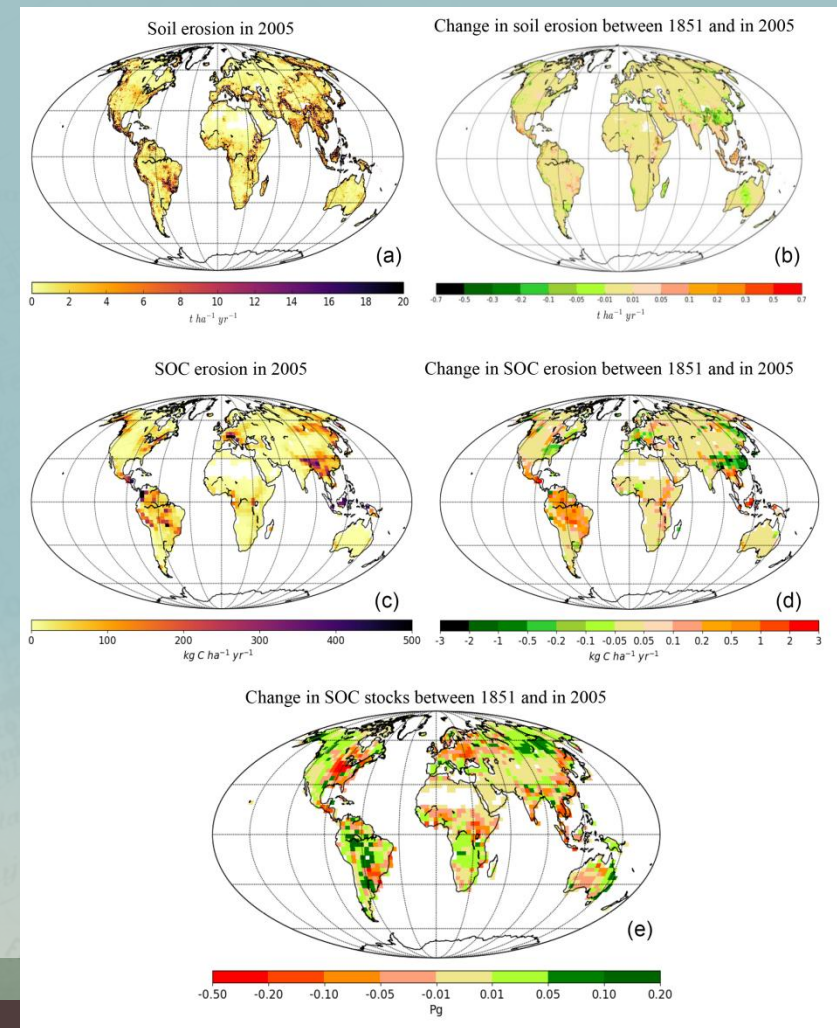
В период с 2000 по 2010 год государственная политика ЕС позволила снизить уровень эрозии почв в среднем на 20% для пахотных земель.

*Panagos, Borrelli, Robinson, 2015. NATURE.
Panagos et al (2015) – Environmental
Science & Policy*

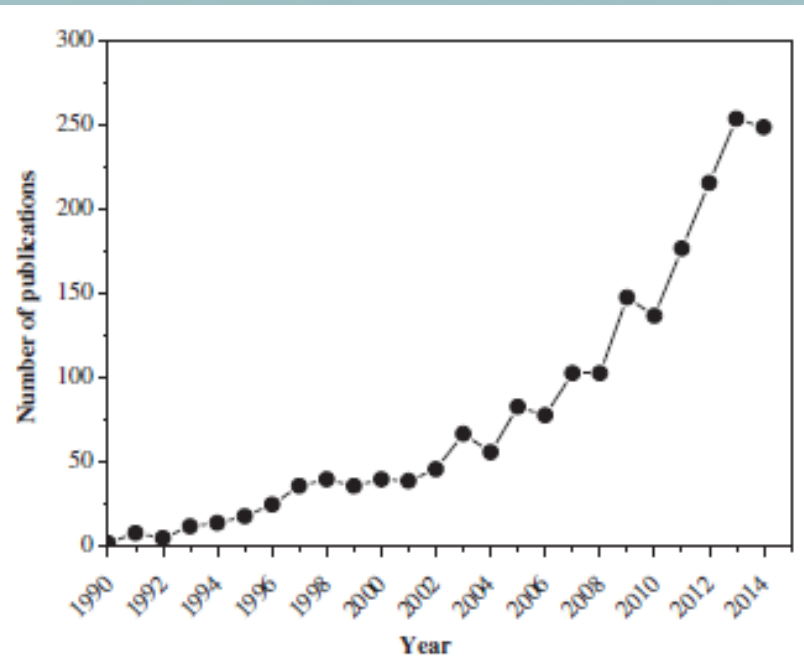
ГЛОБАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

- V. Naipal, P. Ciais, Y. Wang et al. Global soil organic carbon (SOC) removal by water erosion under climate change and land use change (LUC) during AD1850–2005 // Biogeosciences, 15, 4459–4480, 2018.

- Проанализировано потенциальное влияние эрозии почвы (только смыв почвы, без учета transport and deposition) на глобальные запасы SOC за период 1850–2005 гг. Использовался метод четырехмерного моделирования, в котором связана эрозия почв (RUSLE) с углеродным циклом ORCHIDEE. Авторы применили эту модель моделирования ЭП в глобальном масштабе, чтобы оценить эффекты потенциальной ЭП при наличии других возмущений углеродного цикла: повышенного уровня атмосферного CO₂, изменений климата и LUC. Было обнаружено, что включение эрозии почвы в схему SOC-динамики приводит к увеличению на 62% совокупных потерь SOC за 1850–2005 гг. Авторы пришли к выводу, что потенциальное влияние эрозии почвы на глобальный запас SOC сопоставимо с воздействием климата или LUC. Влияние эрозии почвы на совокупное изменение SOC между AD 1850 и 2005 гг. существенно различается между регионами, где наибольшее снижение SOC из-за эрозии почвы наблюдается в Азии. Расширение сельскохозяйственных угодий и пастбищных угодий является основной движущей силой сокращения запасов SOC в результате эрозии почвы. Включение эрозии почвы в динамику SOC усиливает уменьшение запасов SOC из-за LUC в 1,2 раза.



ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЕТЫ



Публикации о влиянии изменения климата на эрозию почв (Li, Fang, 2016)

Representative studies about impacts of future climate change on soil erosion. For temporal resolution, abbreviations are: D – daily, M – monthly, E – event scale.

Authors	Study area	Hydrologic/erosion models	Climate models	Climate scenarios	Temporal resolution
Favis-Mortlock and Guerra (1999)	Somiso municipality, Mato Grosso State, Brazil, 10,048 km ²	WBPP	HadCM2, CSIRO-Mk2, ECHAM3.5	IS92a	D
Zhang et al. (2004)	Three watersheds, the west of El Reno, Oklahoma, 0.016 km ² each	WBPP	HadCM3	B2a	D
Michael et al. (2005)	Two slopes in Germany	BRONSON 2D/3D	ECHAM4	B2	E
O'Neal et al. (2005)	11 regions in five states, US	WBPP-CO ₂	HadCM3	GGa1	M
Zhang and Neading (2005)	Three watersheds, the west of El Reno, Oklahoma, 0.016 km ² each	WBPP	HadCM3	A2a, B2a, GGa1	D
Zhang and Liu (2005)	Changwu station, southern Loess Plateau, China	WBPP	HadCM3	A2a, B2a, GGa1	D
Zhang (2005)	Kingsfisher station, Oklahoma, US	WBPP	HadCM3	GGa1	D
Zhang et al. (2009)	Changwu station, southern Loess Plateau, China	WBPP	HadCM3	A2a, B2a, GGa1	D
Z. Li et al. (2011)	Loess Plateau, China	WBPP	CCSR, CGCM2, CSIRO-Mk2, HadCM3	A2a, B2a, GGa1	D
Maeda et al. (2010)	Taita Hills, Kenya	USLE	ECHAM5	A18, A2, B1	M
Zhang et al. (2010)	Northeast China	RUSLE	CGCM3.1 (T47), CGCM3.1 (TG), CSIRO-Mk3.0, UKMO-Hadcm3, UKMO-HadGEM1, ECHAM5/MPI-OM Mesoscale Model Version 5	A2, A18, B1	D
Park et al. (2011)	All land areas of Korea, 100,560.87 km ²	RUSLE	CGCM3.1, CSIRO-Mk3.0, GFDL-CM2.1, ECHAM5, NCAR-CCSM3.0, NCAR-PCM1, HadCM3	A18, B1	M
Zhang et al. (2012)	Major Land Resources Area in US, 40,765 km ²	Rangeland Hydrology and Erosion Model (RHEM)	CGCM3.1, CSIRO-Mk3.0, GFDL-CM2.1, ECHAM5, NCAR-CCSM3.0, NCAR-PCM1, HadCM3	A2, A18, B1	D
Zhang (2012)	Three watersheds, the west of El Reno, Oklahoma, 0.016 km ² each	WBPP	CCSR, CGCM2, CSIRO, HadCM3	A2a, B2a, GGa1	D
Mukundan et al. (2013)	Cannonville watershed, US	SWAT-WR, MUSLE	CGCM3.1 (T47), CGCM3.1 (T63), CSIRO-Mk3.0, GISS-AOM, GFDL-CM2.0, IPSL-CM4, MIROC3.2 (HIR5), ECHAM5/MPI-OM, MRI-CGCM2.3.2	A18	D
Mullan (2013a, 2013b)	Six hillslopes in Northern Ireland, UK	WBPP	HadCM3, CGCM2, CSIRO-Mk2	A2, B2	D
Nunes et al. (2013)	Odeleite watershed, 290 km ² ; Alenquer watershed, 115 km ² , Portugal	SWAT, MFRIDIS	PRIMES	A2	D
Piangpen et al. (2013)	Mae Nam Nansub-catchment, Thailand, 1532 km ²	RUSLE, Idrisi	CCSM3, HadCM3, PRECIS RCM	A2, A18, B1; A2, B2; A2, B2, B1, A18, A2	D
Segura et al. (2014)	Conterminous United States	RUSLE	HadCM3, CGCM3, CM2	A2, B2, B1, A18, A2	M
Gabrecht and Zhang (2015)	Central Oklahoma	WBPP	CanESM2, CCSM4, CSIRO-Mk3, EC-EARTH, GFDL-CM3, GISS-E2-R, HadGEM2-ES, MIROC5.1, MPI-ESM-LR, MRI-CGCM3	RCPS5	D
Mondal et al. (2015)	Narmada River Basin, India	USLE	HadCM3	A2	D
Nerantzaki et al. (2015)	Kolliatis River catchment, Greece	SWAT	ECHAM5, BCM	A18	D
Pamoussien et al. (2015)	Peyne watershed, France	STREAM	ARPEGE v. 3.0	A18	D
Serpa et al. (2015)	São Lourenço; Guadalupe, Portugal	SWAT	ECHAM5	A18, B1	D
Simonneaux et al. (2015)	Rheraya catchment, Morocco	STREAM	ARPEGE v.4.0	A18	M
Azari et al. (2016)	Gorganroud river basin, Iran	SWAT	CGCM2, HadCM3, CSIRO2	A1F, A2, B1	D
Panajuli et al. (2016)	Big Sunflower River watershed, US	SWAT	CCSM3	A18, A2, B1	D

РЕГИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ - ШВЕЙЦАРИЯ

- **Volker Prasuhn; Hanspeter Liniger : RISK ASSESSMENT OF SOIL EROSION BY WATER // Новые методы и результаты исследований в Европе, Центральной Азии и Сибири. — Т. 2. — издательство ФГНБУ "ВНИИ агрохимии" Москва, 2018. — С. 234-238.**
- В этой статье представлена карта риска эрозии для Швейцарии, основанная на RUSLE и цифровой модели рельефа высокого разрешения (2×2 м). Карта применима в местном и национальном масштабе и в настоящее время используется для обеспечения соблюдения национального законодательства и повышения осведомленности фермеров. Выложена в общий доступ на официальном правительственном сайте.
- Авторы планируют обновления и создание веб-приложения, обеспечивающее доступ к карте в поле, и соединение с инструментом Sfactor, в котором фермер может вводить данные текущего урожая и управления для своего участка для расчета фактического риска эрозии.

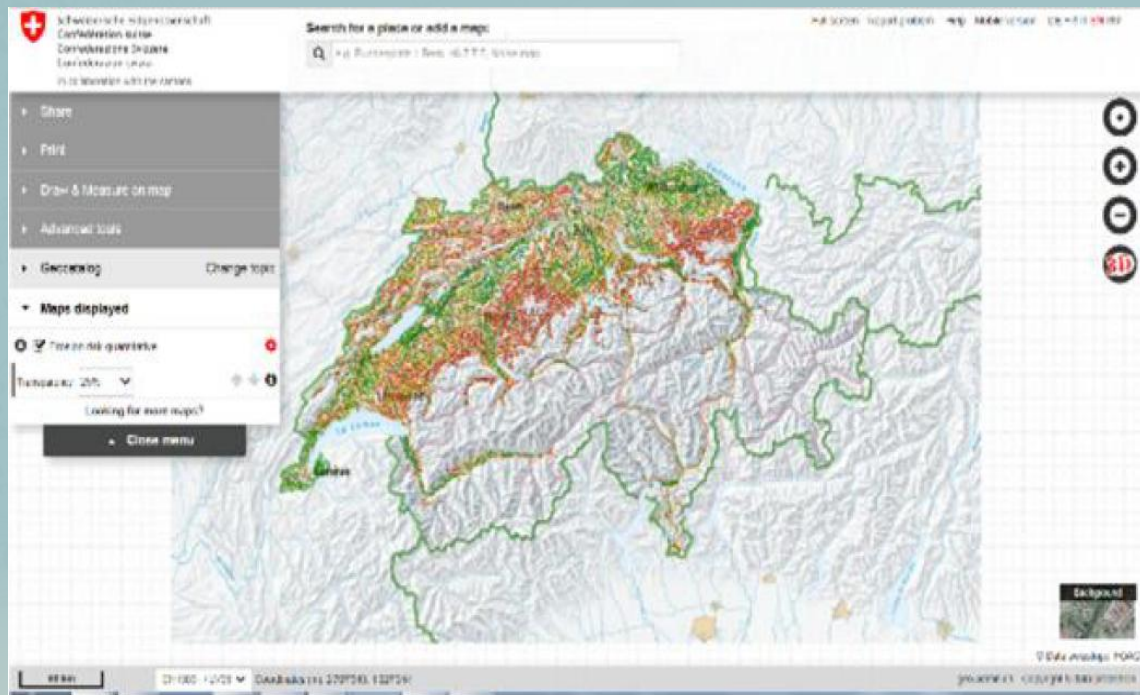


Figure 1 – Screen shot of the GIS map of potential soil erosion risk for the agricultural land of Switzerland (ERM2). <https://map.geo.admin.ch>

МЕСТНЫЙ УРОВЕНЬ – ВИНОГРАДНИКИ В СЛОВАКИИ

- J. LIESKOVSKÝ AND P. KENDERESSY MODELLING THE EFFECT OF VEGETATION COVER AND DIFFERENT TILLAGE PRACTICES ON SOIL EROSION IN VINEYARDS: A CASE STUDY IN VRÁBLE (SLOVAKIA) USING WATEM/SEDEM Land Degrad. Develop. 25: 288-296 (2014)

- Цель - оценить влияние различных методов управления на потери почвы на виноградниках (масштаб небольшого поля). Модель **WATEM/SEDEM** была откалибрована на основании метода нивелирования.
- Результаты моделирования подтвердили эффект агроэкологических схем, которые поддерживают нанесение травяного покрова между рядами виноградных лоз для защиты почвы от эрозии. В отличие от механической вспашки, использование ротационных машин или ручной обработки мотыгой.

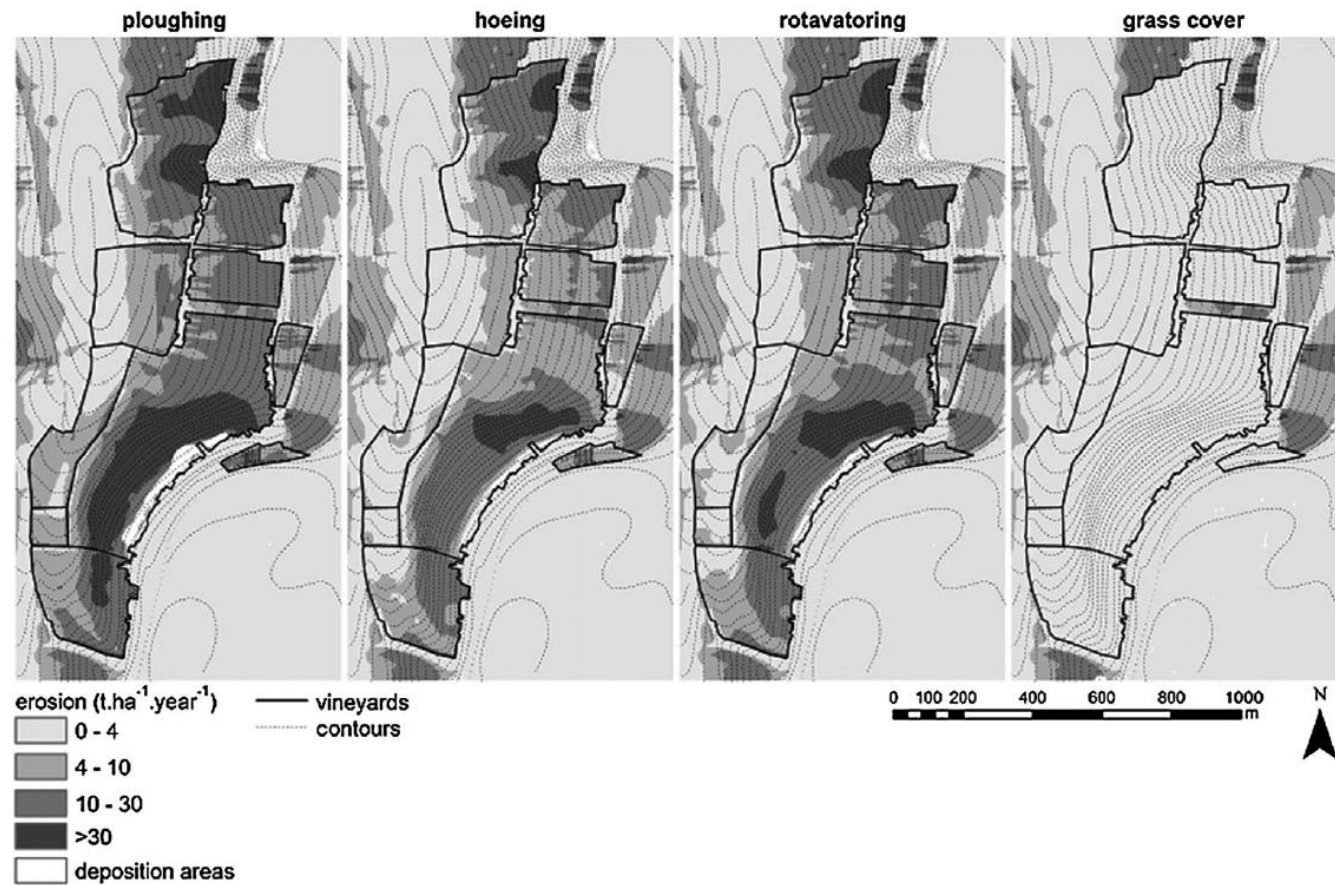
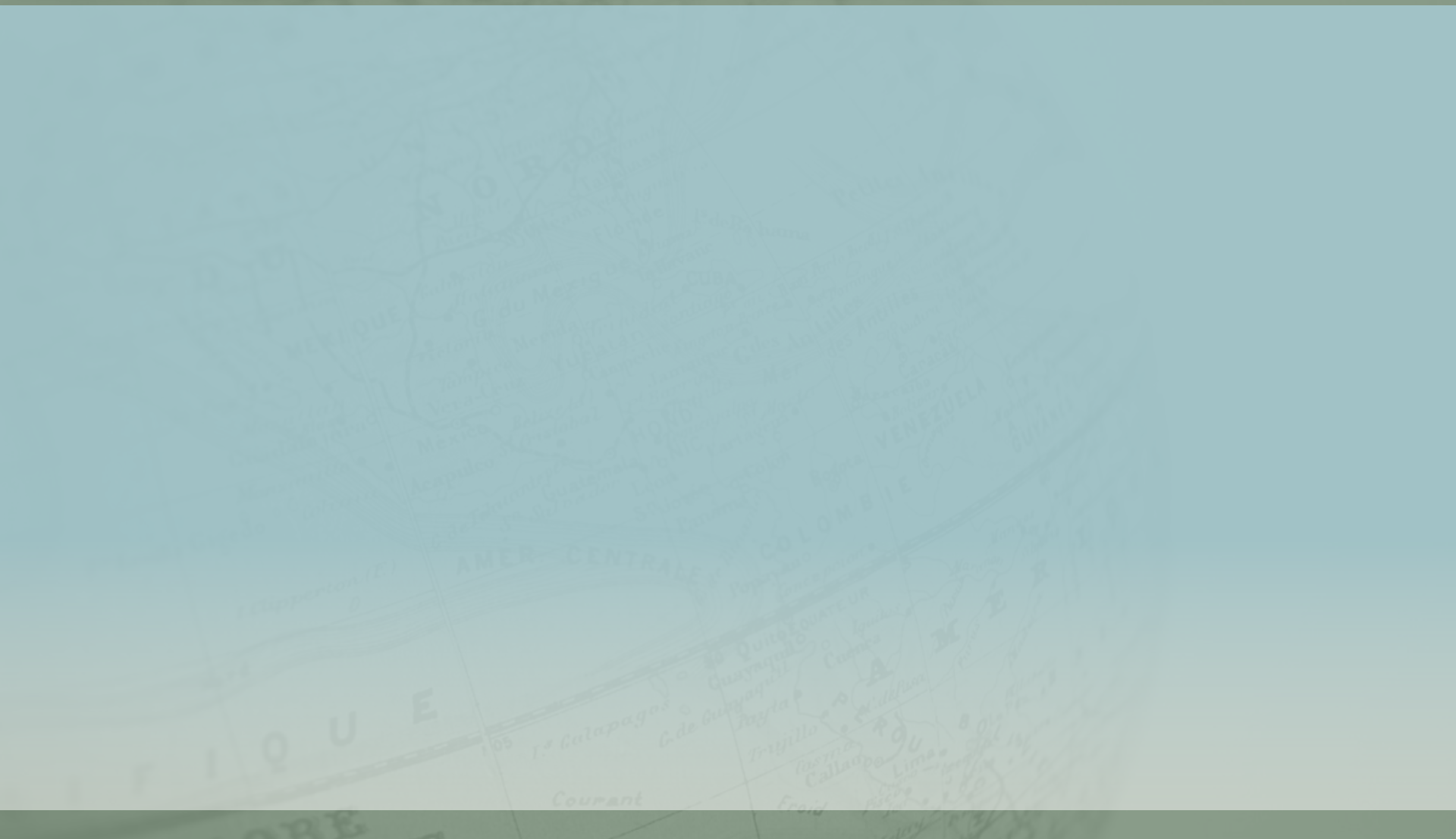


Figure 3. Estimated erosion or deposition (t ha⁻¹ y⁻¹) in the Horný Ohaj vineyard with different management practices.

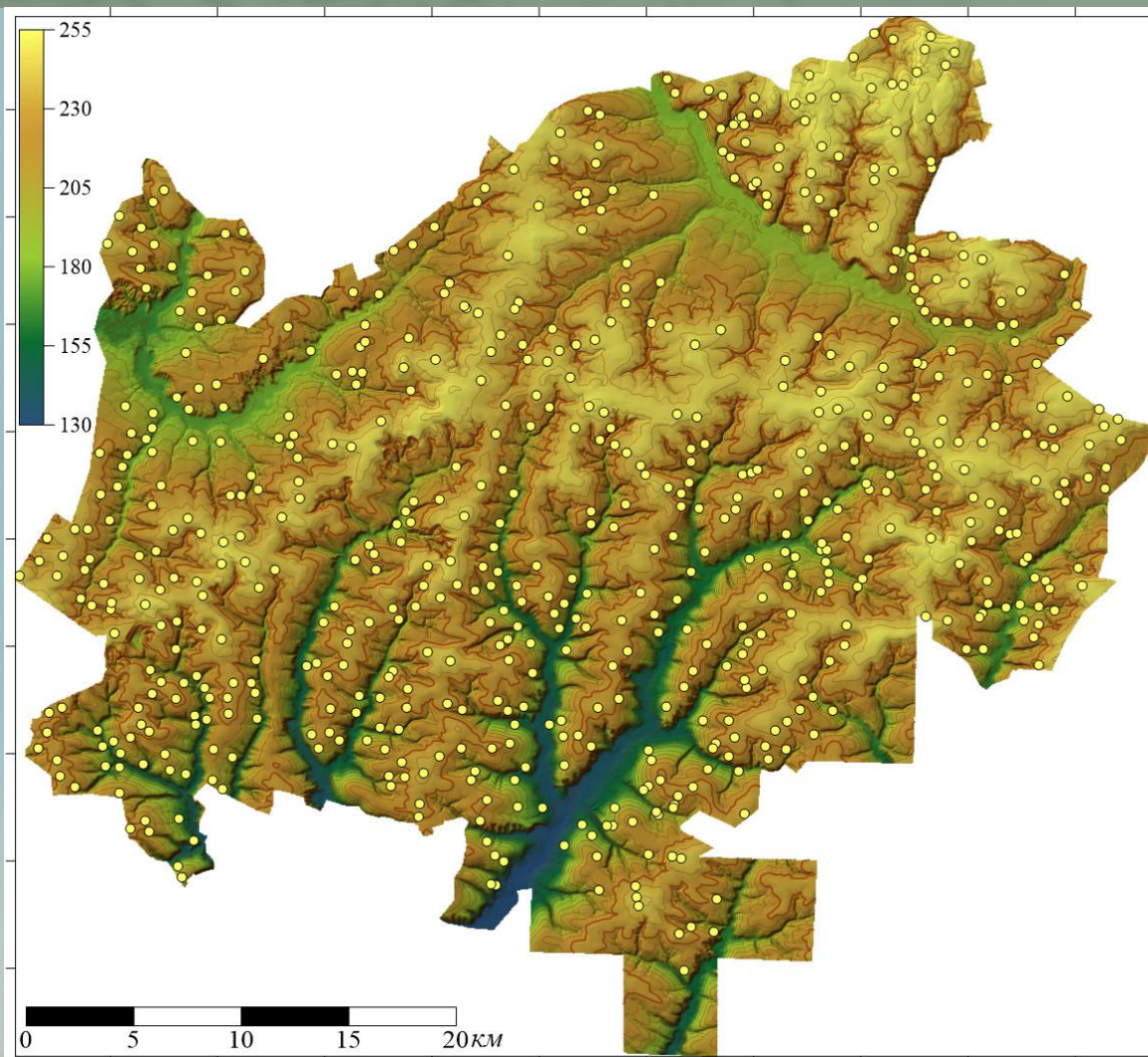
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ОЦЕНОК ЭРОДИРОВАННОСТИ ПП



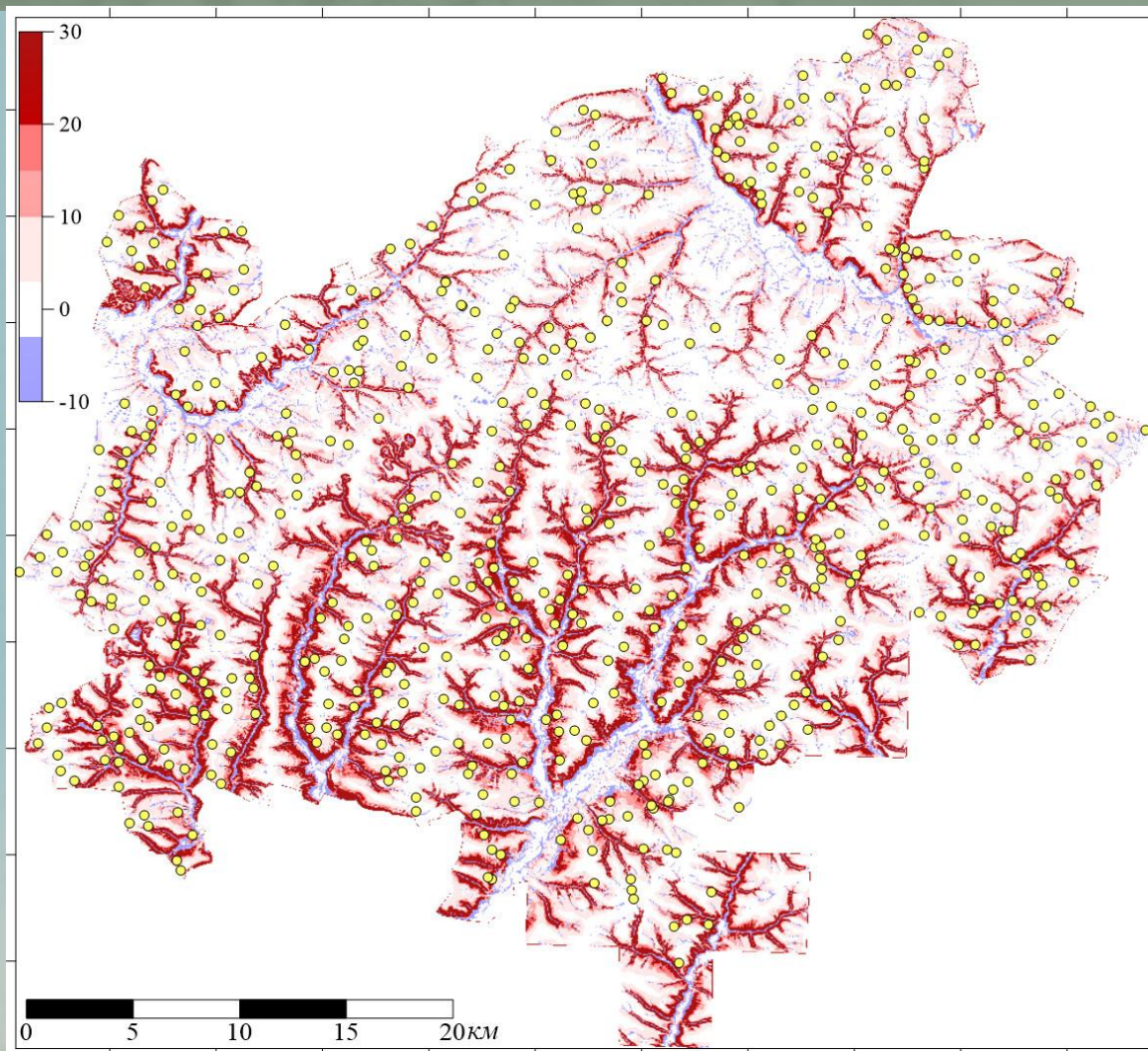
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМ: ВЫЯВЛЕНИЕ «ОЧАГОВ ЭРОЗИИ ПОЧВ»



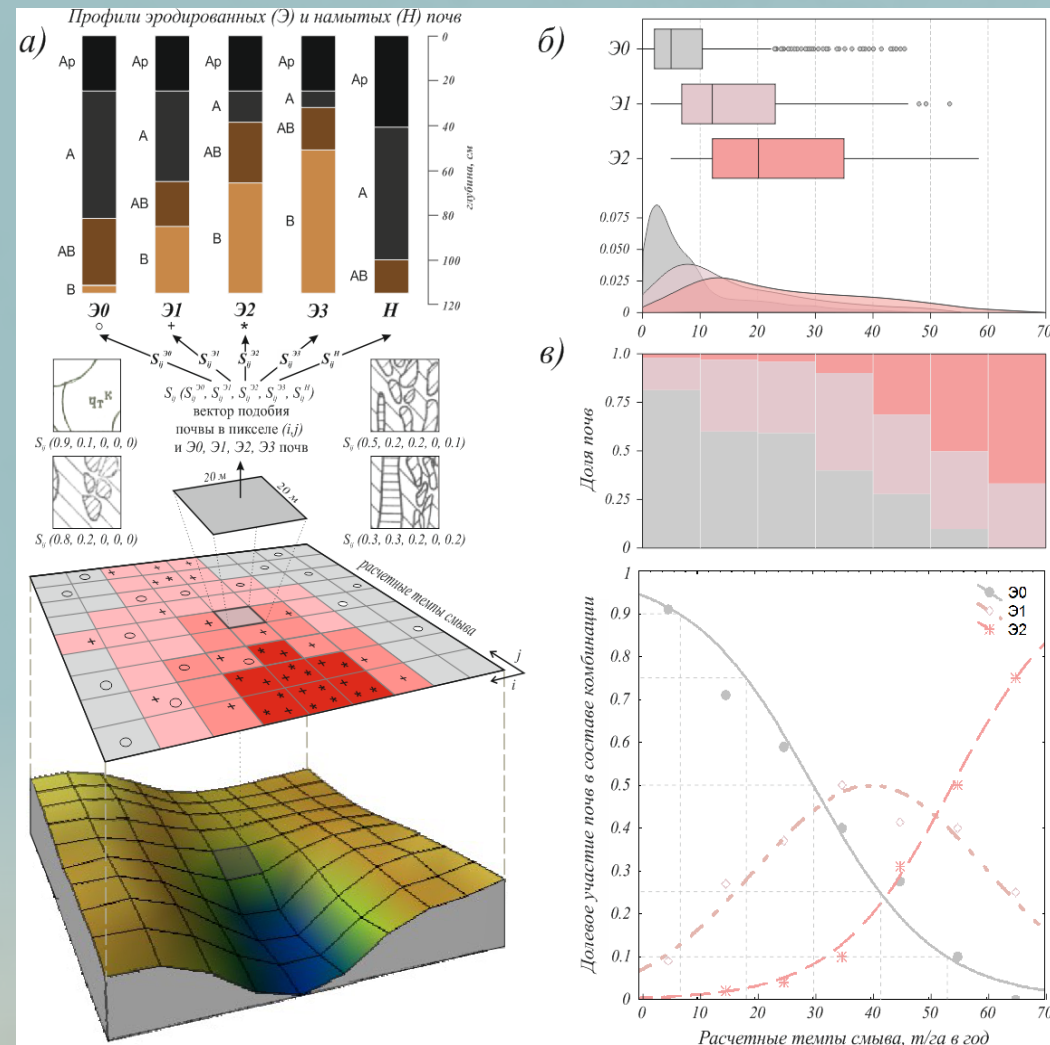
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМ: ВЫЯВЛЕНИЕ «ОЧАГОВ ЭРОЗИИ ПОЧВ»



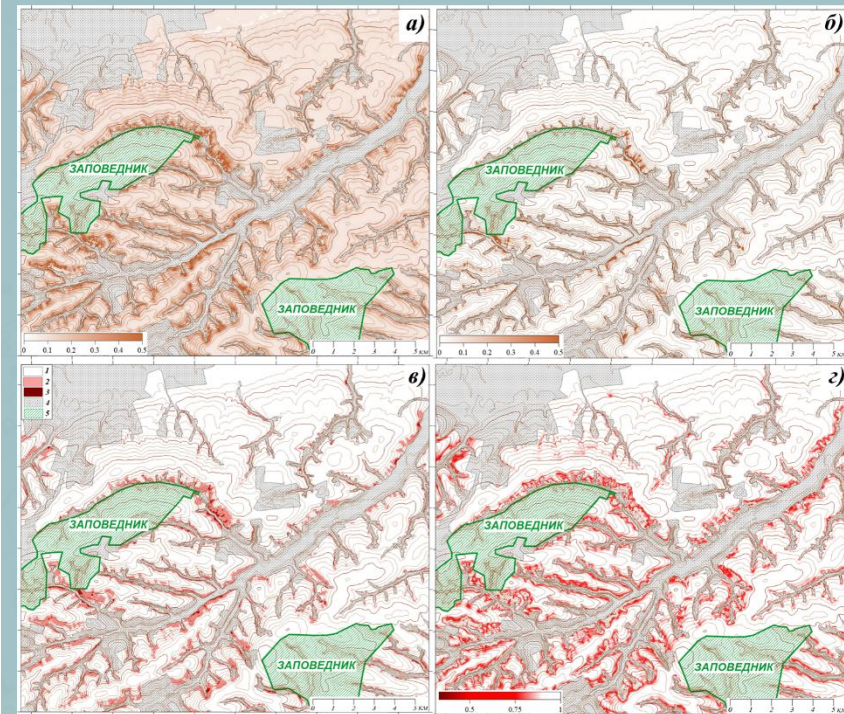
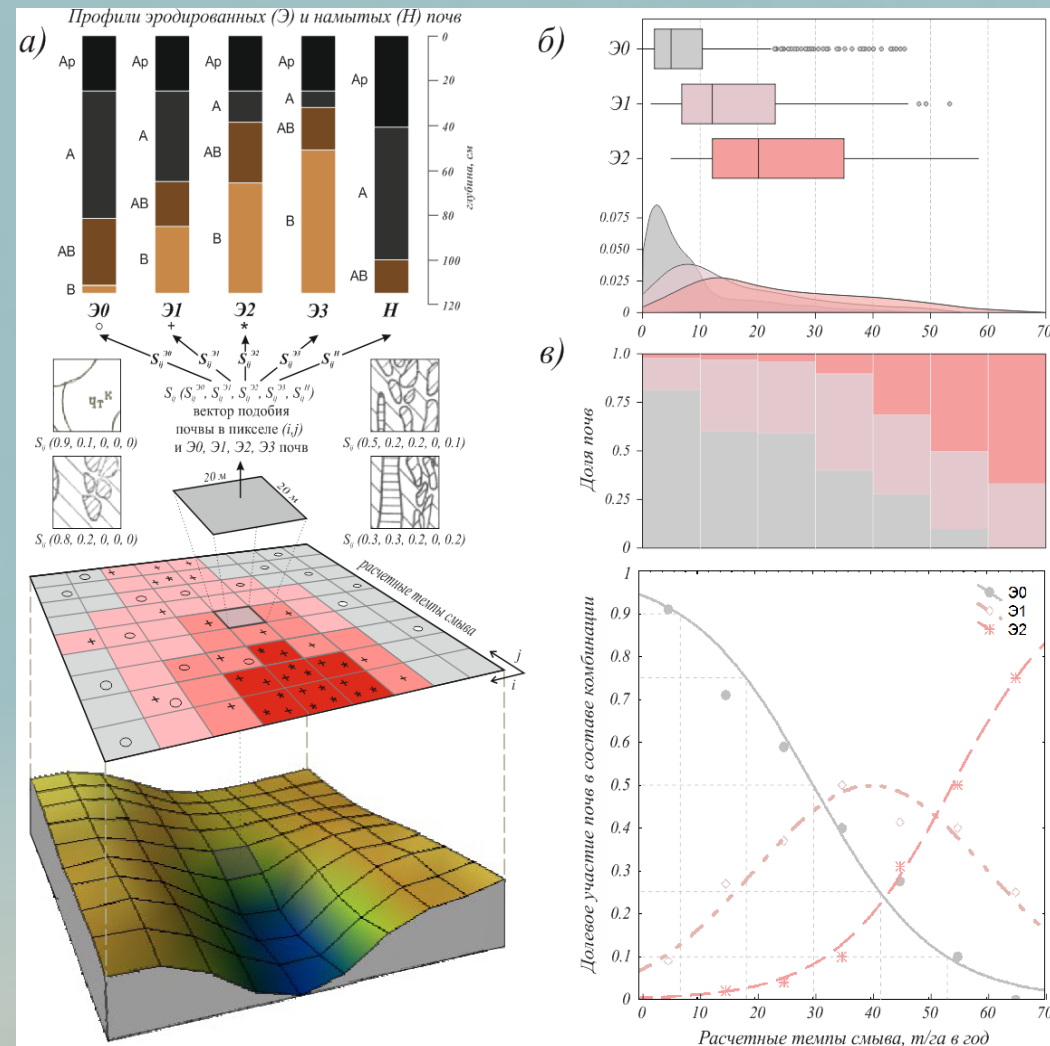
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМ: ВЫЯВЛЕНИЕ «ОЧАГОВ ЭРОЗИИ ПОЧВ»



Д.Н. КОЗЛОВ, А.П. ЖИДКИН, Н.И. ЛОЗБЕНЕВ «ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННЫХ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СМЫВА (СЕВЕРНАЯ ЛЕСОСТЕПЬ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ)» // БЮЛЛЕТЕНЬ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА №100 (В ПЕЧАТИ)

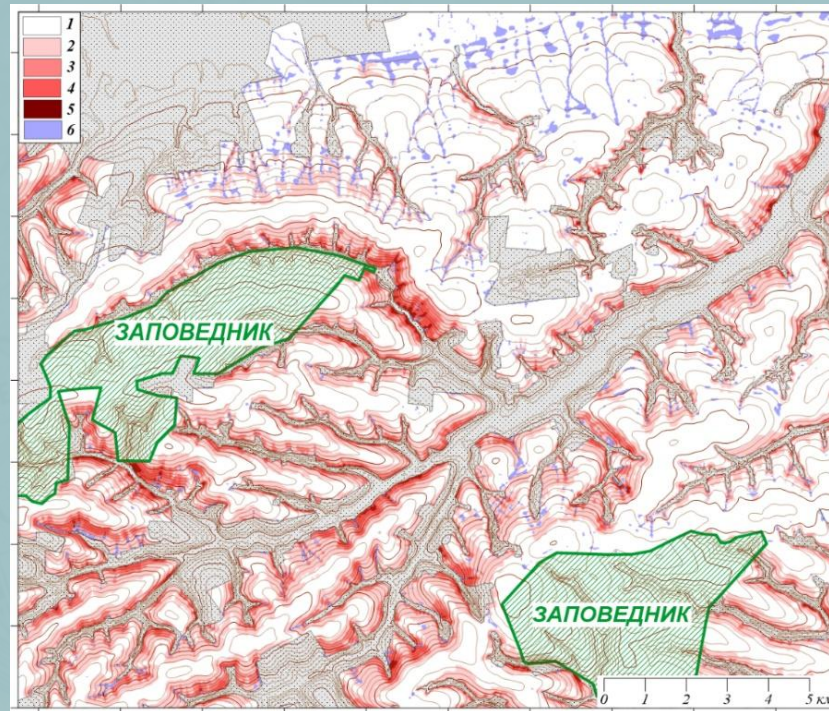


Д.Н. КОЗЛОВ, А.П. ЖИДКИН, Н.И. ЛОЗБЕНЕВ «ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННЫХ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СМЫВА (СЕВЕРНАЯ ЛЕСОСТЕПЬ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ)» // БЮЛЛЕТЕНЬ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА №100 (В ПЕЧАТИ)



Компонентный состав эрозионных почвенных комбинаций пашни: а) доля Э1 почв, б) доля Э2 почв; в) преобладающая в составе ПК категория смытости почв (1 – не смытые (Э0), 2 – слабо-смытые (Э1), 3 – среднесмытые (Э2)), г) мера пестроты состава почвенных комбинаций (0,33 – полидоминантные, 1 – монодоминантные)

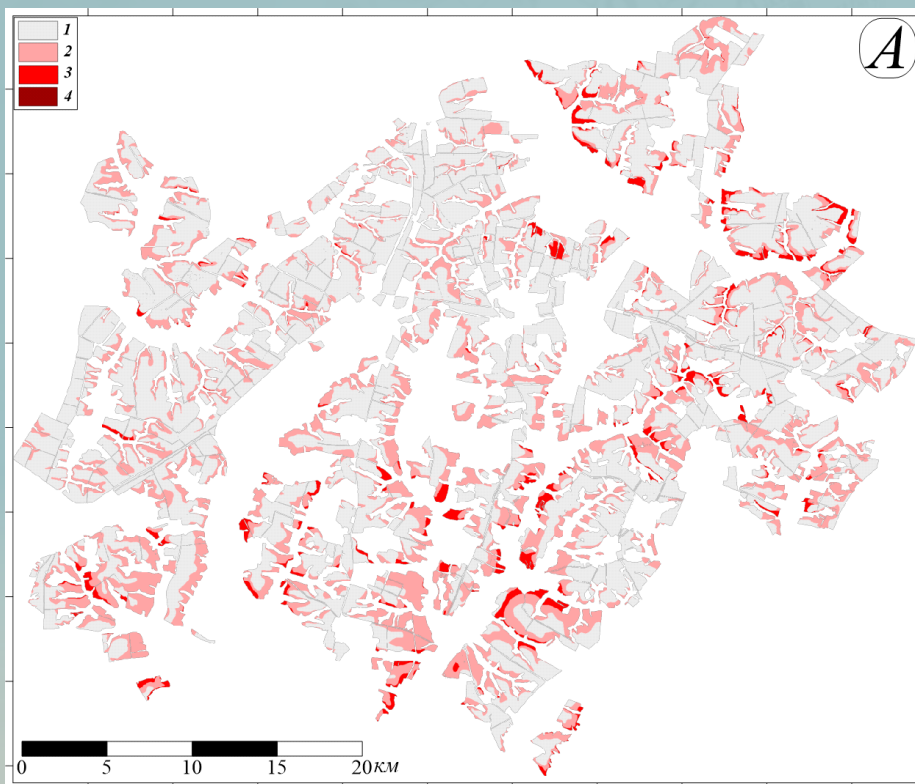
Д.Н. КОЗЛОВ, А.П. ЖИДКИН, Н.И. ЛОЗБЕНЕВ «ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
ЭРОЗИОННЫХ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ
МОДЕЛИ СМЫВА (СЕВЕРНАЯ ЛЕСОСТЕПЬ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ)»
// БЮЛЛЕТЕНЬ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА №100 (В ПЕЧАТИ)



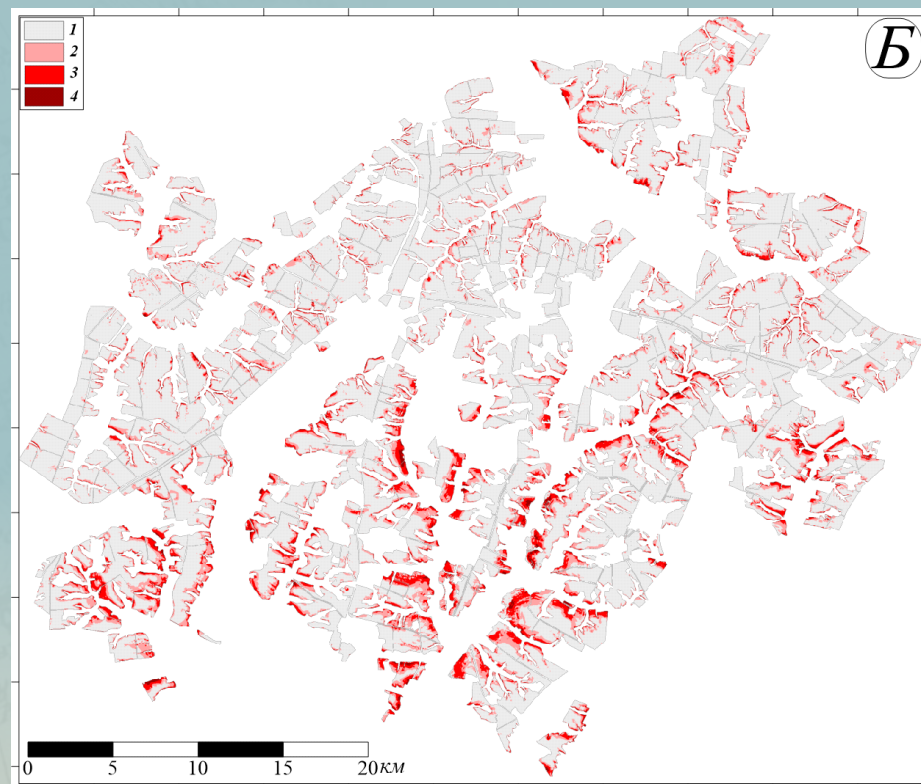
- | | |
|--|--|
|  | 1 – зональные с преобладанием несмытых почв ($\Sigma 0 > 0,9$); |
|  | 2 – эрозионно-зональные с долей смытых почв 0,1-0,25; |
|  | 3 – слабо-эродированные с долей смытых почв 0,25-0,5; |
|  | 4 – среднеэродированные с долей смытых почв $> 0,5$ и преобладанием слабосмытых; |
|  | 5 – сильноэродированные с долей смытых почв больше 0,5 и преобладанием среднесмытых; |
|  | 6 – намывы в границах области расчетной аккумуляции наносов |

КАРТЫ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРОХОРОВСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛ.

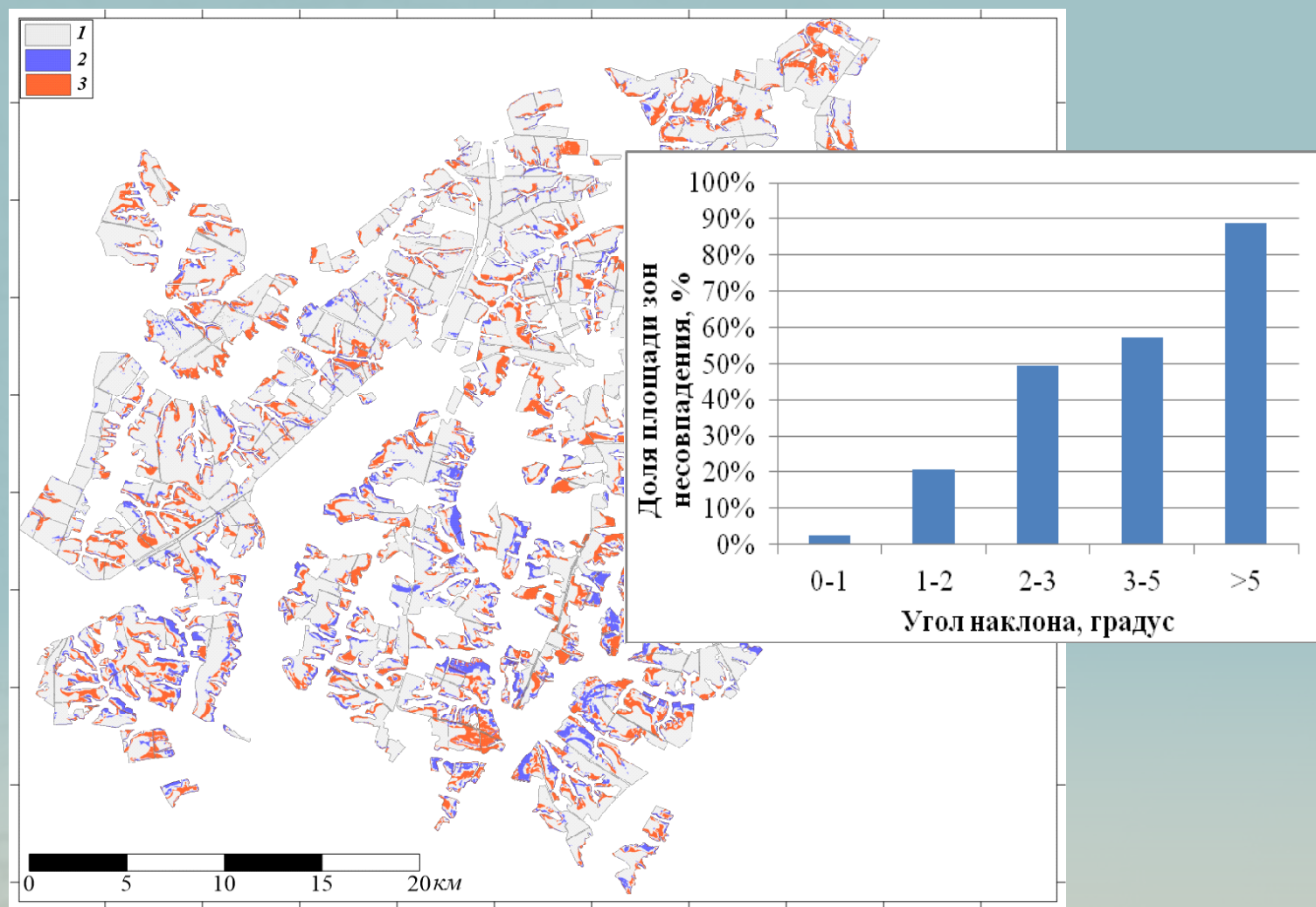
**метод традиционного
картографирования**



**метод цифрового
картографирования**



КАРТА СООТВЕТСТВИЯ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПП, НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННОГО И ЦИФРОВОГО МЕТОДОВ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ



РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭРОЗИИ ПОЧВ

1797 год

1861 год

1871 год

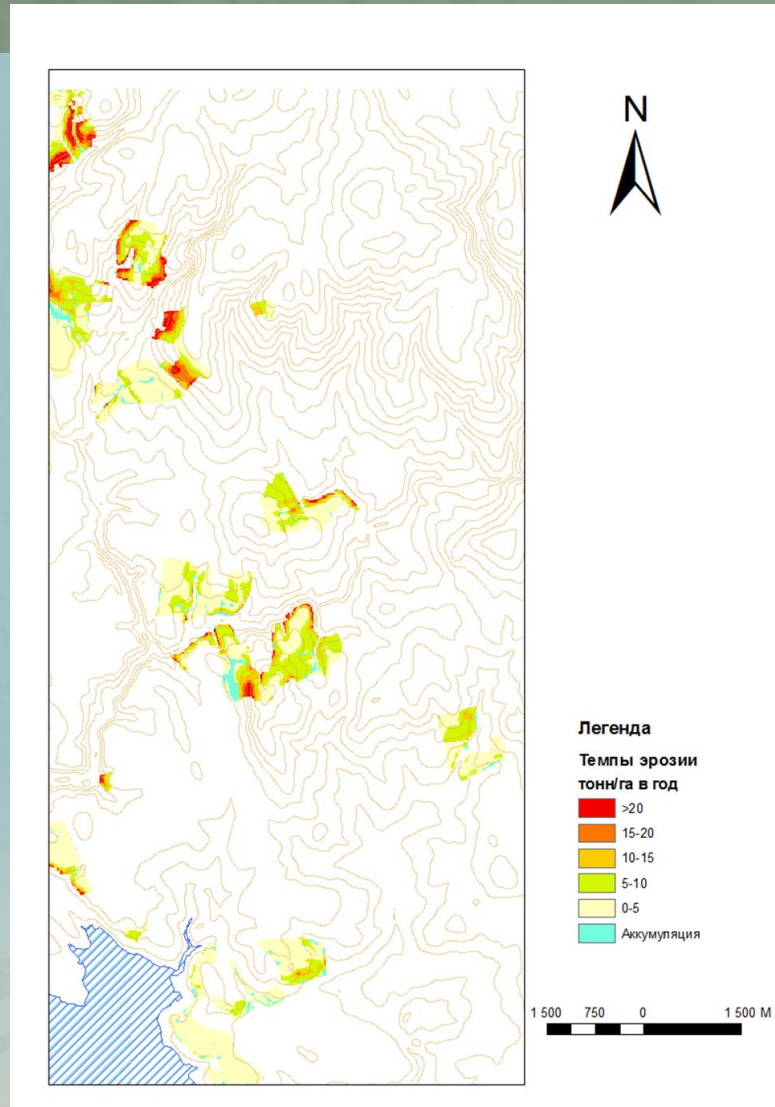
1917 год

1954 год

1985 год

2000 год

2018 год



ВОПРОСЫ:

Какими методами получена информация о степени эродированности ПП и **можно ли ей доверять?**

Имеющаяся информация о степени эродированности ПП труднодоступна и требует верификации!

ВОПРОСЫ:

Является ли цифровое моделирование альтернативой существующему мониторингу эродированности ПП?

Частично:

1. для оценок глобального и регионального уровней
2. для оценок изменений эрозии почв во времени
3. в смежных дисциплинах

Есть потенциал для применения цифровых моделей эрозии почв на крупномасштабном уровне!

***Спасибо
за внимание!***

