

Эрозия почв на юге Сибири: динамика за агрикультурный период, современное состояние, риски, почвозащитные модели Баженова О.И., Тюменцева Е.М., Голубцов В.А., Черкашина А.А.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, bazhenova@irigs.irk.ru



- В Сибири активное сельскохозяйственное освоение земель проходило в 17-20 веках и сопровождалось деградацией почв.
- В бассейне Байкала в XVII веке процессы деградации почв носили узко локальный (точечный) характер. В XVIII веке они имели очаговый характер. В XIX веке в связи с резким сокращением лесистости и повышением антропогенной деятельности, процессы деградации земель получили широкое распространение. При этом интенсивность процессов эрозии и дефляции почв приняла угрожающие размеры, а уровень деградации земель в большинстве случаев стал носить необратимый негативный характер.
- В настоящее время площадь сельскохозяйственных земель составляет более 55 млн. га. 9,5 миллионов га пашни подвержено деградации в результате смыва и дефляции.
- Внимание исследователей к проблемам разрушения и деградации почв в Сибири было привлечено в связи с освоением целинных и залежных земель в 1953-1958 гг., сопровождавшимся резкой активизацией эрозионных процессов. Так, в Бурятии за 20 лет площадь пашни увеличилась с 646 тыс. га в 1953 г. до 1027 тыс. га в 1975 г, т.е. на 59 %. При этом общее количество распаханых земель превосходило прирост пашни в обработке. На юге Сибири были проведены комплексные исследования по защите почвы от эрозии и дефляции.

Распределение эродированных и дефлированных почв в регионах Сибири, тыс. га

Область, республика	Площадь пахотных земель	Процессы деградации почв			Общая деградация почв	
		Эрозия	Дефляция	Эрозия и дефляция	тыс. га	% от площади пашни
Алтайский край	7274,7	1099,9	2364,5	нет	3464,4	47
Горный Алтай	145,9	86,2	2,4	нет	88,6	61
Кемеровская	1613,0	144,8	173,6	74,6	393,0	25
Новосибирская	3865,4	247,0	251,6	22,0	520,6	13
Омская	4453,5	212,9	1294,6	254,0	1761,5	40
Томская	667,0	6,3	по	по	6,3	1
Тюменская	1740,0	по	по	по	по	—
Иркутская	1612,4	252,9	177,4	57,3	487,6	30
Бурятия	1018,0	272,0	308,0	250,0	830,0	81
Тува	506,0	15,6	184,6	по	200,0	40
Хакасия	732,0	373,3	251,0	по	624,3	85
Забайкальский край	2256,0	185,6	1024,4	по	1210,0	54
Всего	25883,9	2896,5	6032,1	657,9	9586,2	37

Для обеспечения продовольственной и экологической безопасности на юге Сибири более 50 лет назад была создана сеть комплексных географических исследовательских станций, где эрозия почв рассматривалась как один из наиболее опасных процессов деградации земель.

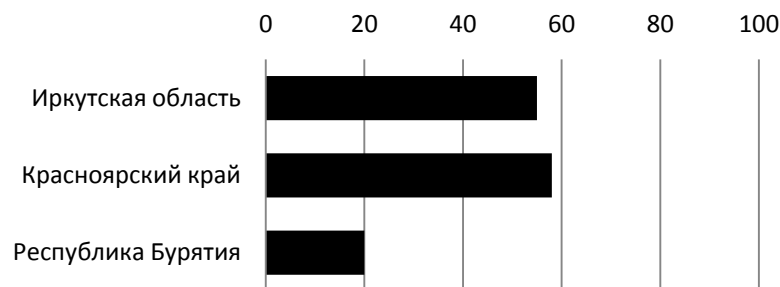
Установлено, что в семиаридных районах Сибири эрозия почв является основным процессом естественной денудации на 70% территории. При этом средняя скорость денудации составляет 0,01-0,7 мм / год; на локальных участках она достигает 2,8 мм / год.

Структура пахотных земель ряда регионов Юга Восточной Сибири

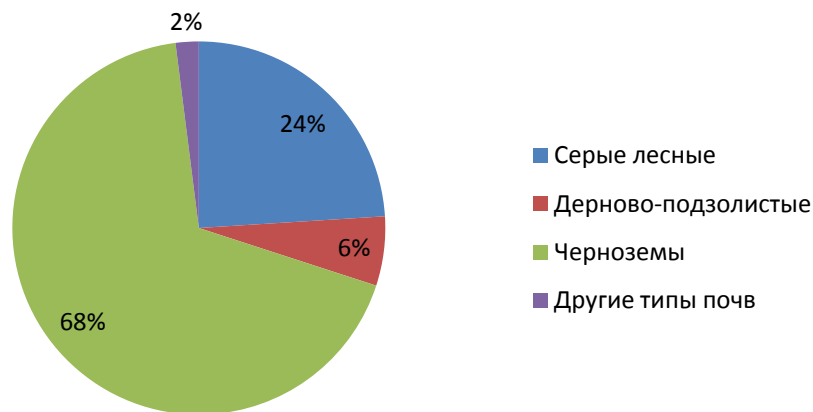
Иркутская область



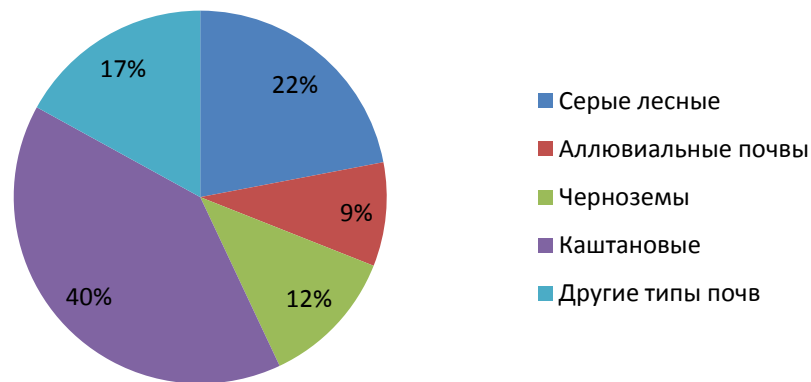
Сокращение пахотных земель в 1990-х гг.



Красноярский край



Республика Бурятия



Тенденции изменения основных агрохимических почв пахотных почв Юга Восточной Сибири

Мощность
гумусового
горизонта

снижение
на 5-10 см



Содержание
гумуса в
пахотном слое

снижение
до 20 %



Содержание
минеральных
форм азота

снижение
до 40 %



Содержание
обменного К
и подвижного Р

существенно
не изменяется

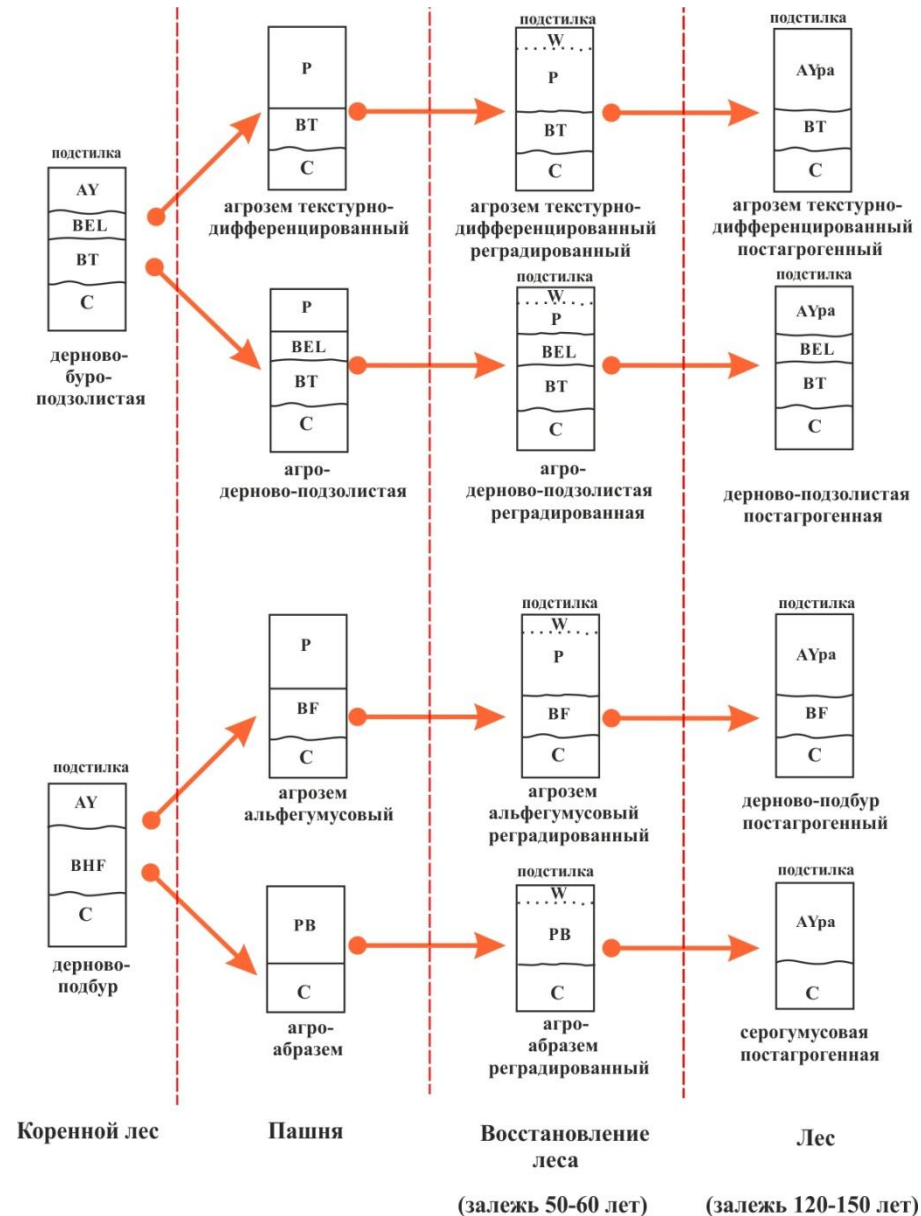


Кислотность

существенно
не изменяется

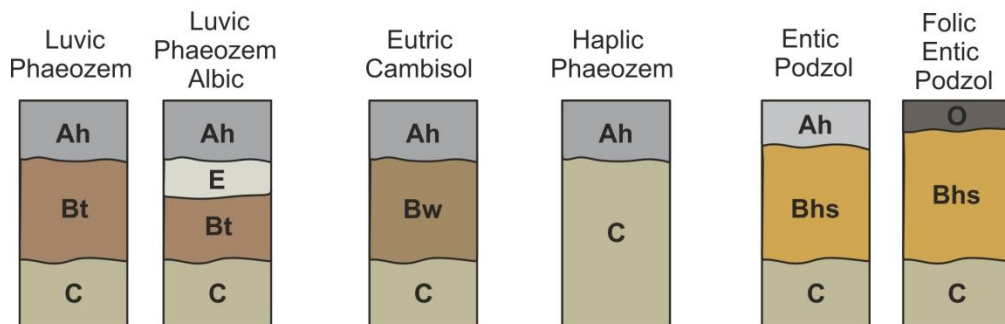


Постагрогенное восстановление почв Юго-Западного Прибайкалья (Черкашина и др., 2016)



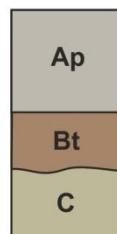
Изменение строения почвенных профилей Юго-Западного Прибайкалья в зависимости от степени их агрогенной трансформации (Черкашина, 2016)

Строение профилей естественных почв



Умеренная степень агрогенной трансформации

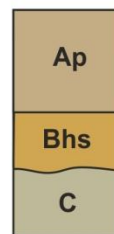
Anthrosol (Argic)



Anthrosol (Cambic)

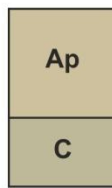


Anthrosol (Spodic)

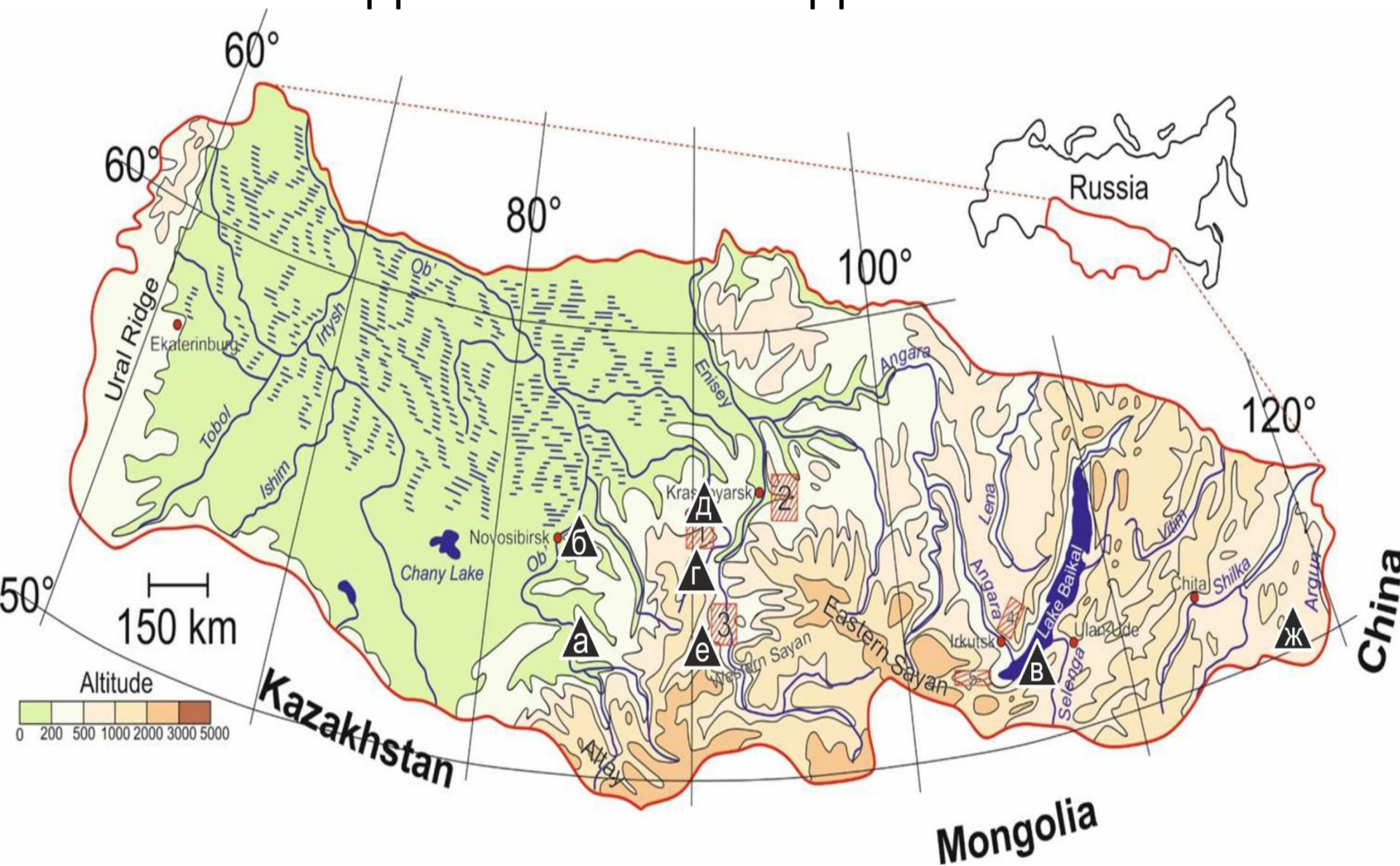


Сильная степень агрогенной трансформации

Anthrosol



Орографическая схема юга Сибири и районы детальных исследований

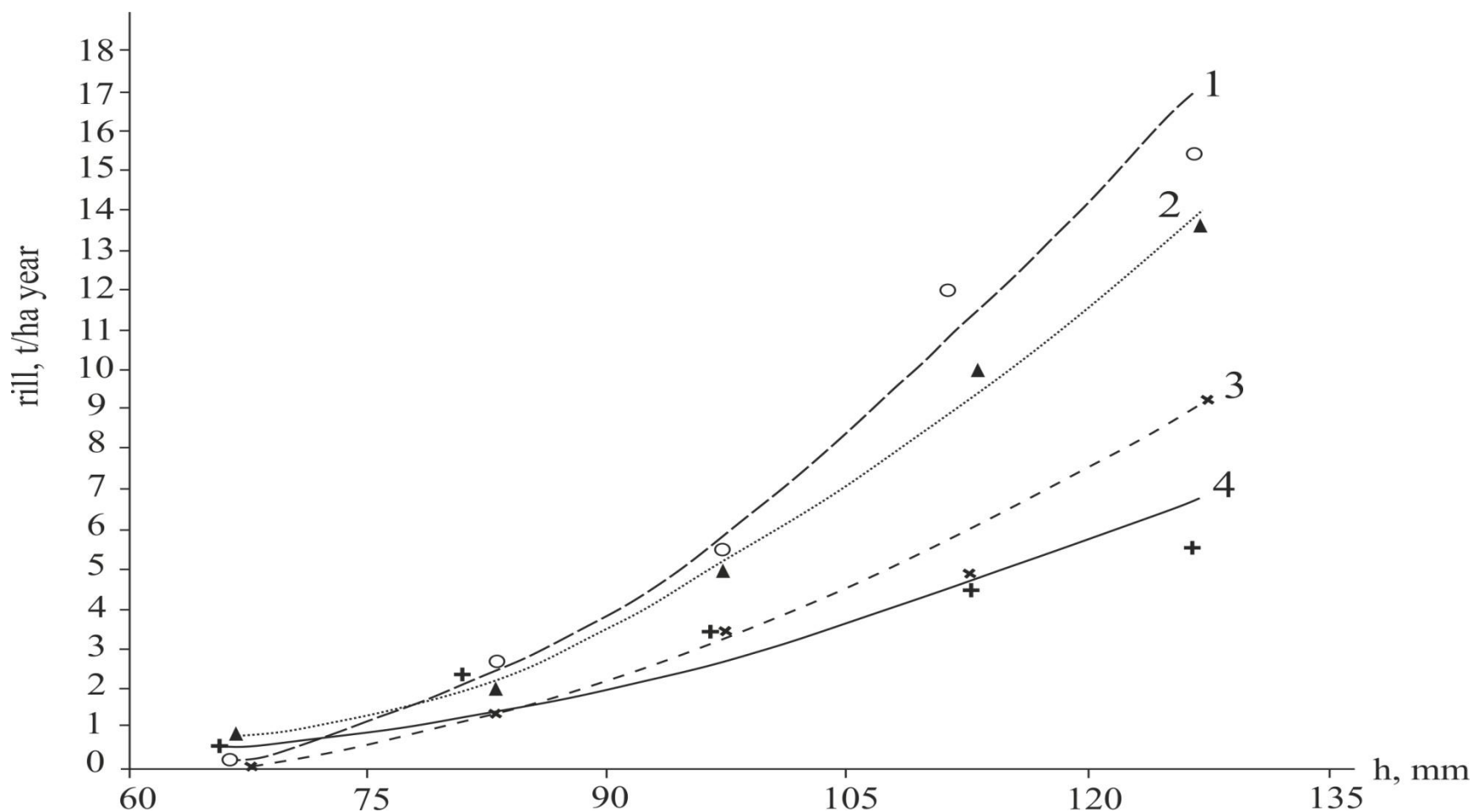


Комплексные географические и эрозионные стационары

- Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, (Новосибирск)- а - Хайрюзовский лесостепной (1971 г.), б - Усть-Каменский лесостепной (1974 г.), в - Байкальский горно-таежный (1972 г.);
- Институт леса СО РАН, (Красноярск) Г-Хакасский степной (1959);
- Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск - д - Березовский лесостепной (1981), е- Новониколаевский степной (1970), ж - Харанорский степной (1961). В скобках указан год основания.

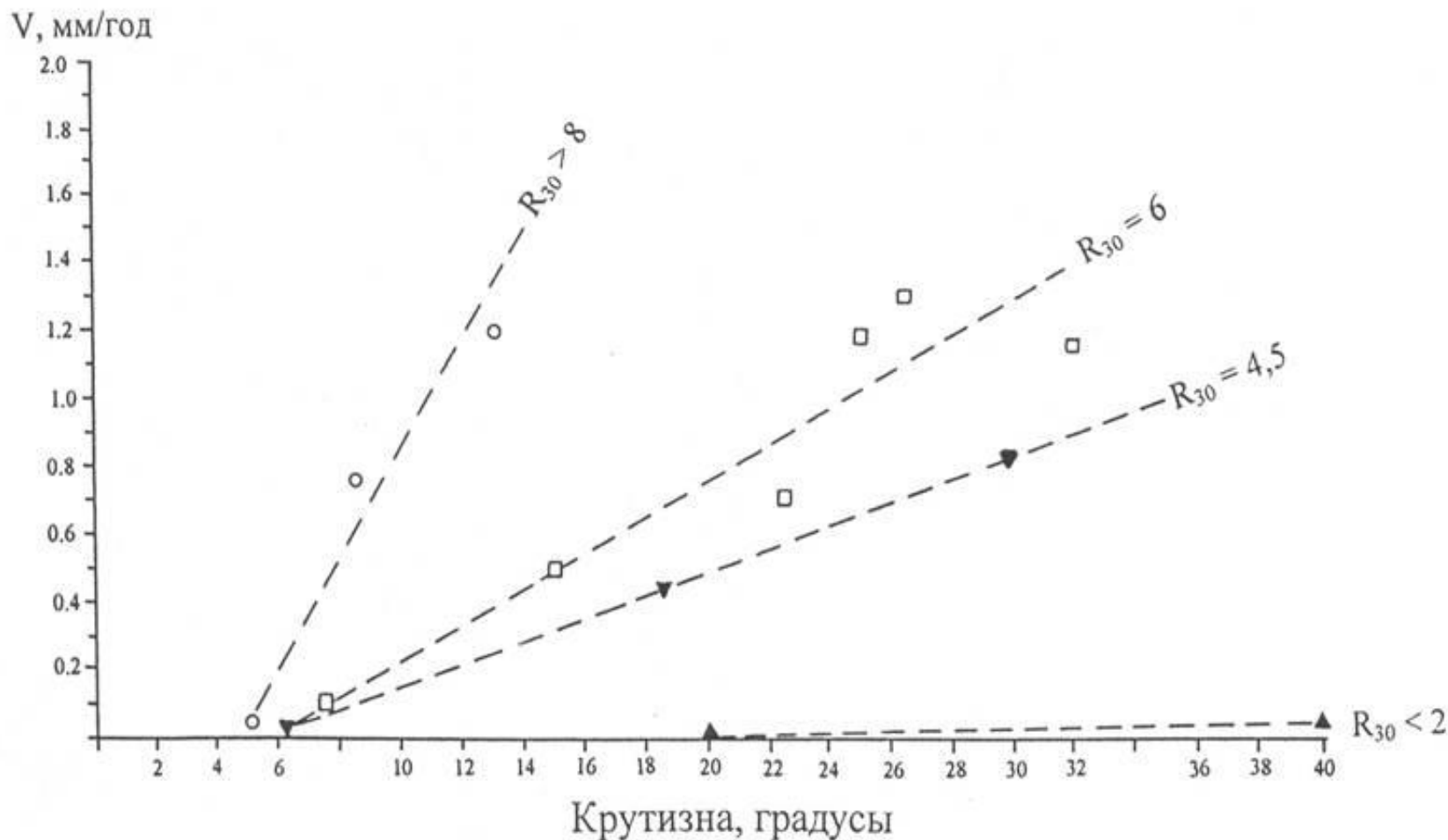
Зависимость интенсивности талого смыва (rill, t/ha year) на склонах с отвальной зыбью от запасов воды в снеге (h, мм) в лесостепной зоне Западной Сибири по данным (Ковалева и др., 1998)

Районы: 1 – Кузнецкая котловина, крутизна склона 3-6°, выщелоченный чернозем, средний смыв 3,8 т/га в год ; 2 – Предсалаирье, крутизна 1-3°, чернозем оподзоленный, средний смыв 7,06 т/га в год; 3 – Приобье, крутизна 1°, чернозем обыкновенный, средний смыв 6,08 т/га в год; 4 – Предсалаирье, крутизна 3-4°, темно-серая лесная почва, средний смыв 3,3 т/га в год.



Зависимость скорости ливневого смыва (V) от крутизны степных склонов при изменении эрозионного индекса ливней (R_{30})

$R_{30} > 8$ – Онон-Аргунский морфоклиматический район (Титова, Баженова, 1978); $R_{30} = 6$ – Назаровский (Баженова, 1982); $R_{30} = 4,5$ – Баргузинский (Выркин, 1998); $R_{30} < 2$ – Приольхонский (Агафонов, 1990).



Смыв на пашнях

- ✓ Поверхностный смыв на пахотных землях имеет 2-3 пика интенсивности. В зависимости от характера обработки почвы при уклоне 4-6° смывается 20-60 м³/га почвы, а на склонах круче 8° – 60-190 м³/га
- ✓ На Иркутско-Черемховской равнине потери почв от ливневого смыва на сельскохозяйственных землях составляют 8-20 т/га в год, а максимальные значения бассейновой эрозии изменяются от 60 до 130 т/км² в год
- ✓ Поступление большого объема отложений с водосборных бассейнов в долины вызывает заиление прудов, водохранилищ, загрязнение поверхностных вод



Объем почвы, смытой 20 июня 1983 г. с распаханых склонов Антроповского вала, м³

Элемент склона и его крутизна, град.	Объем почвы, смытой с площади						Слой почвы, мм/ливень
	1	2	3	4	Средний	1 га	
Склон западной экспозиции (пахота вдоль склона)							
Привершинный, 5–7	1,76	2,22	1,43	1,62	1,75	175	17,5
Средний, 12–14	3,64	1,37	2,04	2,04	2,27	227	22,7
Нижний, 7	1,53	1,64	1,18	1,34	1,42	142	14,2
Педимент юго-западной экспозиции (пахота поперек склона)							
Верхний, 9	0,54	0,61	0,70	0,55	0,60	60	6,0
Средний, 7	0,72	0,94	0,87	0,89	0,85	85	8,5
Нижний, 5	0,36	0,28	0,31	0,37	0,33	33	3,3

В 1987–1990 гг. исследовался смыв на пашне «Бугор»

В июне 1988 г. здесь закартировано шесть зон смыва, средняя ширина которых составляла сверху вниз соответственно 55, 49, 72, 22, 35 и 18 м, а средняя глубина струйчатых размывов в зонах – 5,6; 3,5; 3,1; 2,8; 2,3 и 1,4 см. Каждому участку смыва ниже по склону соответствовала зона аккумуляции. В нижней аккумулятивной зоне, располагающейся за пределами пашни, слой аккумуляции изменялся от 3 до 25 см.

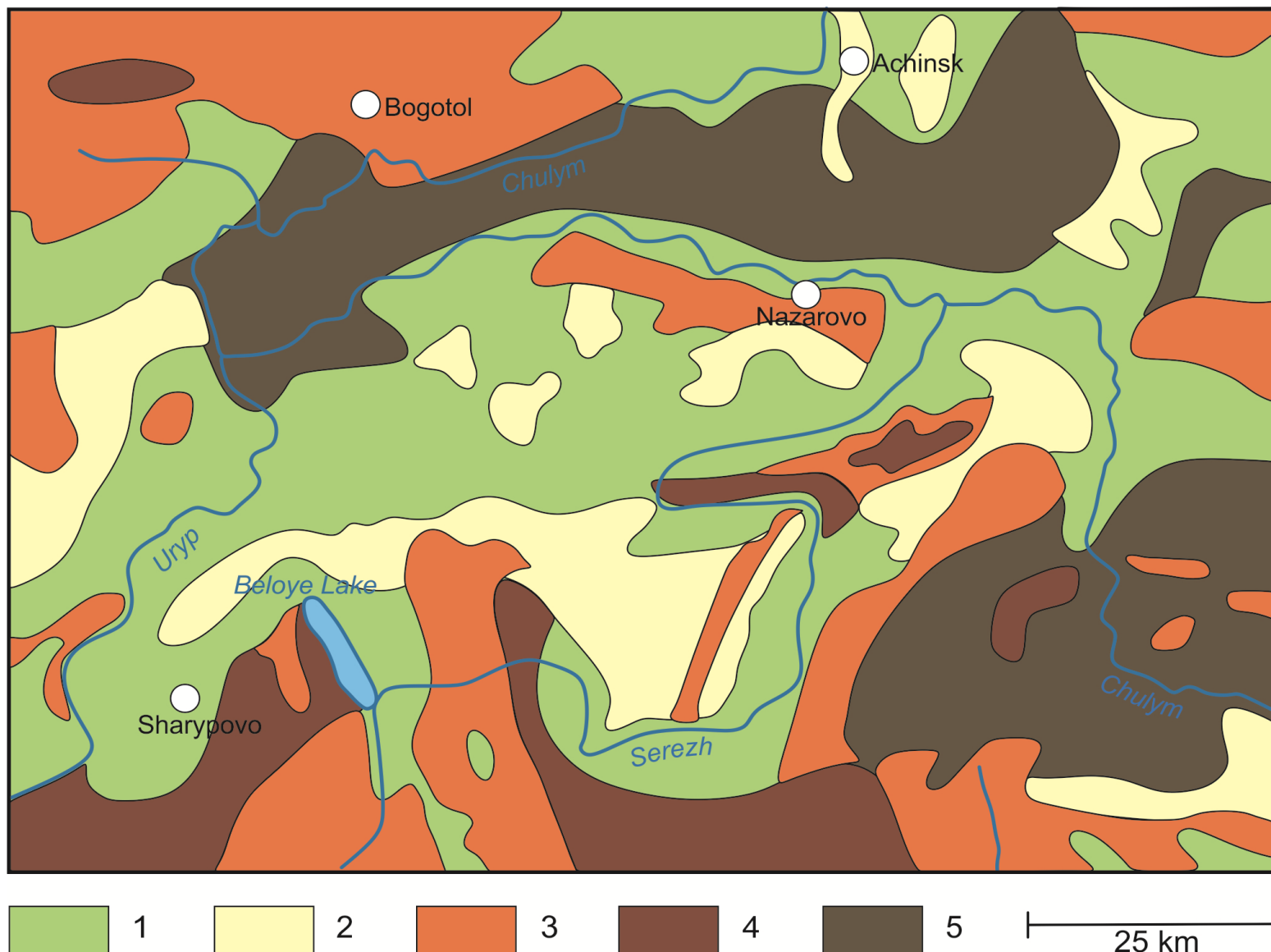
Средняя интенсивность смыва с пашни по данным четырех лет **5,5–11,6 мм/год**, максимальный слой смыва превышал **20 мм/год**.

Соотношение среднегодовых скоростей смыва почв (измеренных и расчетных) по элементам опорных склонов (Баженова, 1993)

Элемент склона	Слой смыва, мм/год	
	измеренный	расчетный
Склон № 1		
Привершинный	0,50	0,47
Уступ	1,20	1,42
Педимент	—	—
Нижний	—	—
Склон № 2		
Привершинный	0,20	0,25
Уступ	0,80	0,95
Педимент	2,50	2,75
Нижний	1,10	0,83
Ложбина, расчленяю-щая уступ	—	—
Склон № 3		
Привершинный	0,40	0,22
Средний	1,30	0,86
Педимент	1,20	0,78
Нижний	0,20	0,36

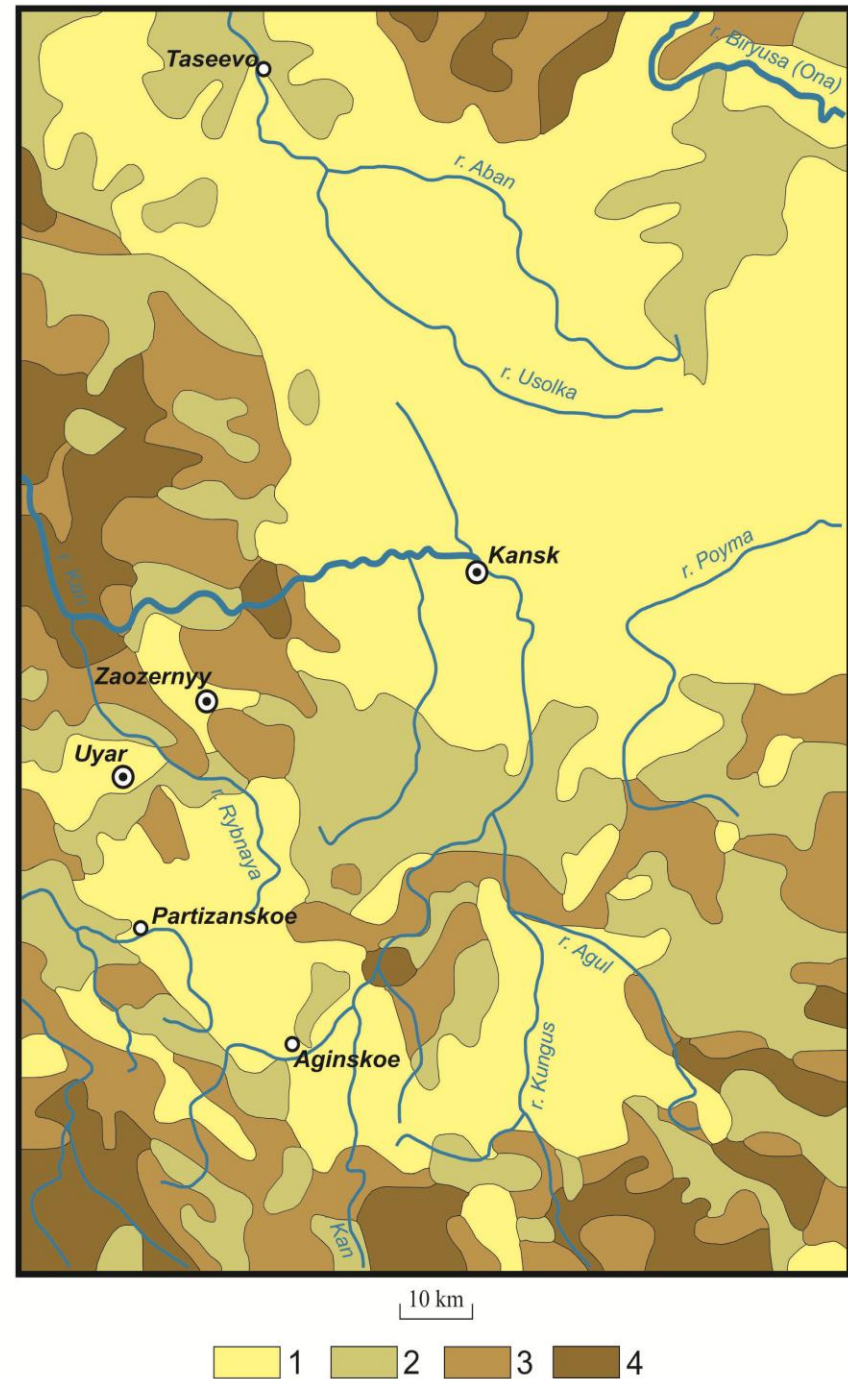
Erosion-hazardous lands of the Nazarovo depression

1 – weak erosion hazard (washout less than 4 t/ha); 2 – mean erosion hazard (4,1-8,0 t/ha); 3 – 5 – high erosion hazard (3 – 8,1-16,0; 4 – 16,1-32,0; 5 – more than 32 t/ha).



Erosion-hazardous lands of the Kanskaya depression

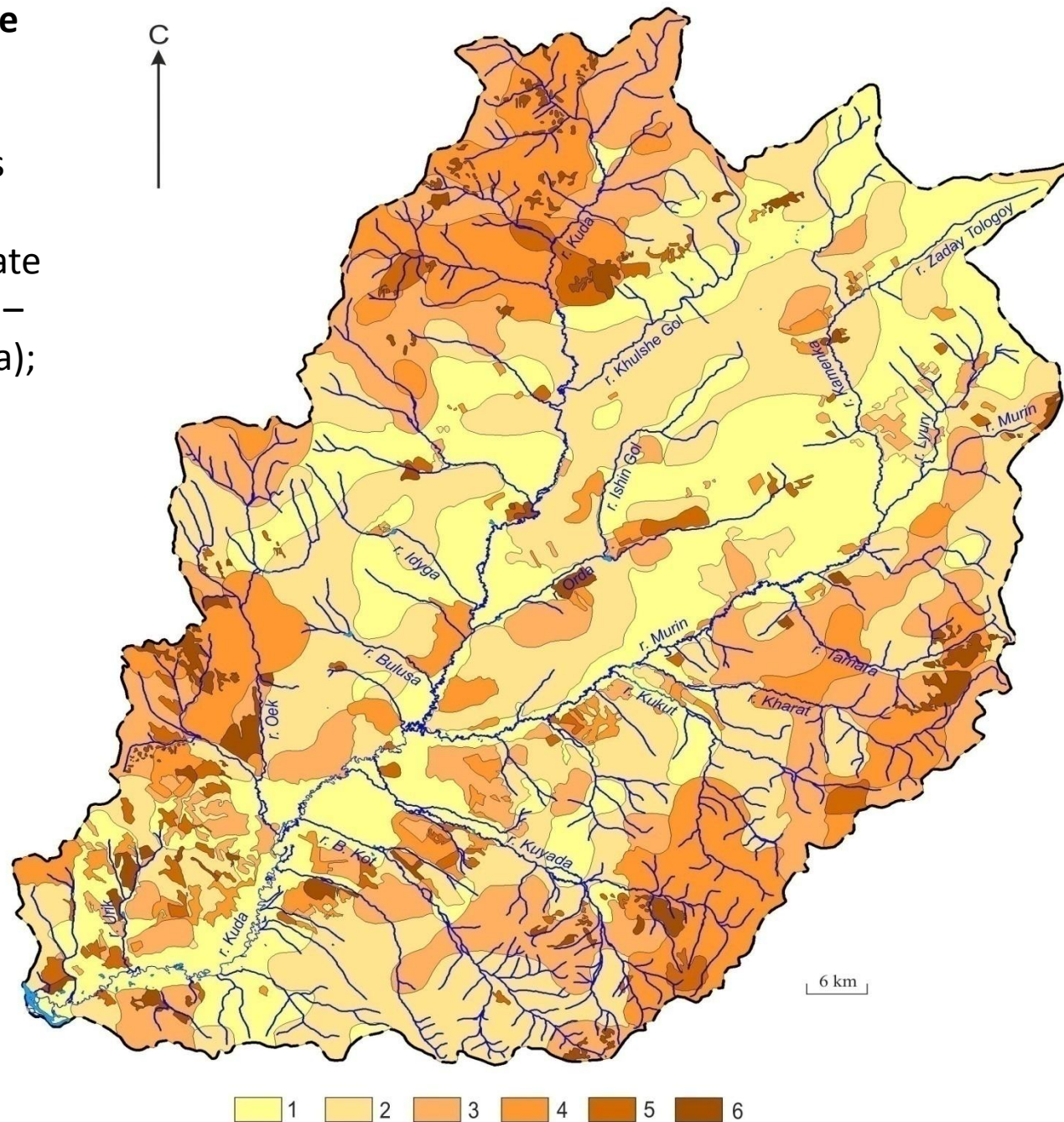
1 – non-hazardous (washout less than 2,5 t/ha in year); 2 – weak erosion hazard (2,5 – 5 t/ha); 3 – mean erosion hazard (5,1 – 10 t/ha); 4 – high erosion hazard under the forests (potential washout more than 10 t/ha)



Erosion-hazardous lands of the Kuda river basin

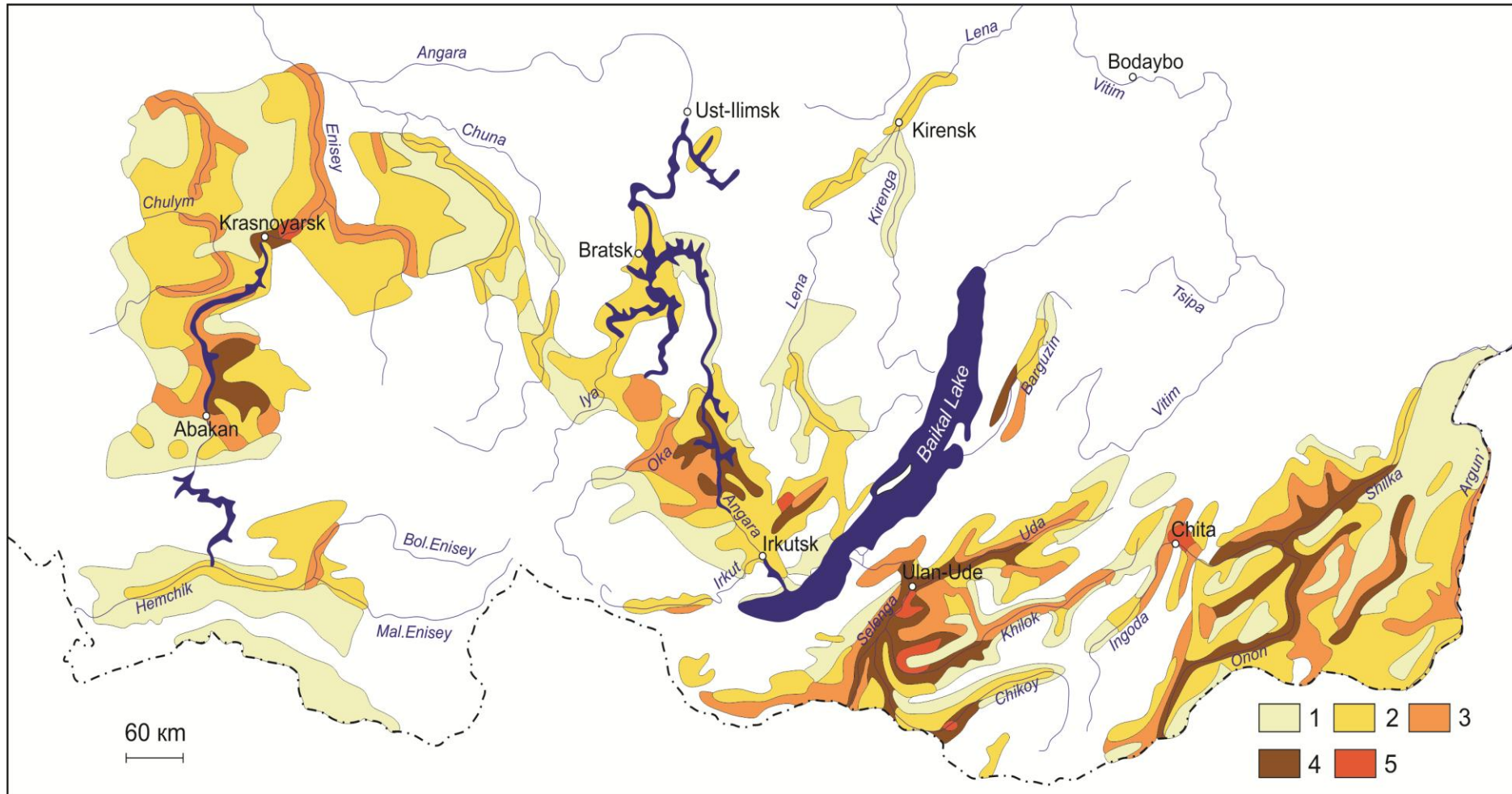
[Tuhta, 2017]

1 – non-hazardous (washout less than 1 t/ha); 2 – weak erosion hazard (1 – 2,5 t/ha); 3 – moderate erosion hazard (2,5 – 5 t/ha); 4 – mean erosion hazard (5 – 10 t/ha); 5 – high erosion hazard (10 – 20 t/ha); 6 – extremely hazardous (washout more than 20 t/ha).



Zoning map of southern East Siberia by gullies density (according to Ryzhov, 2015)

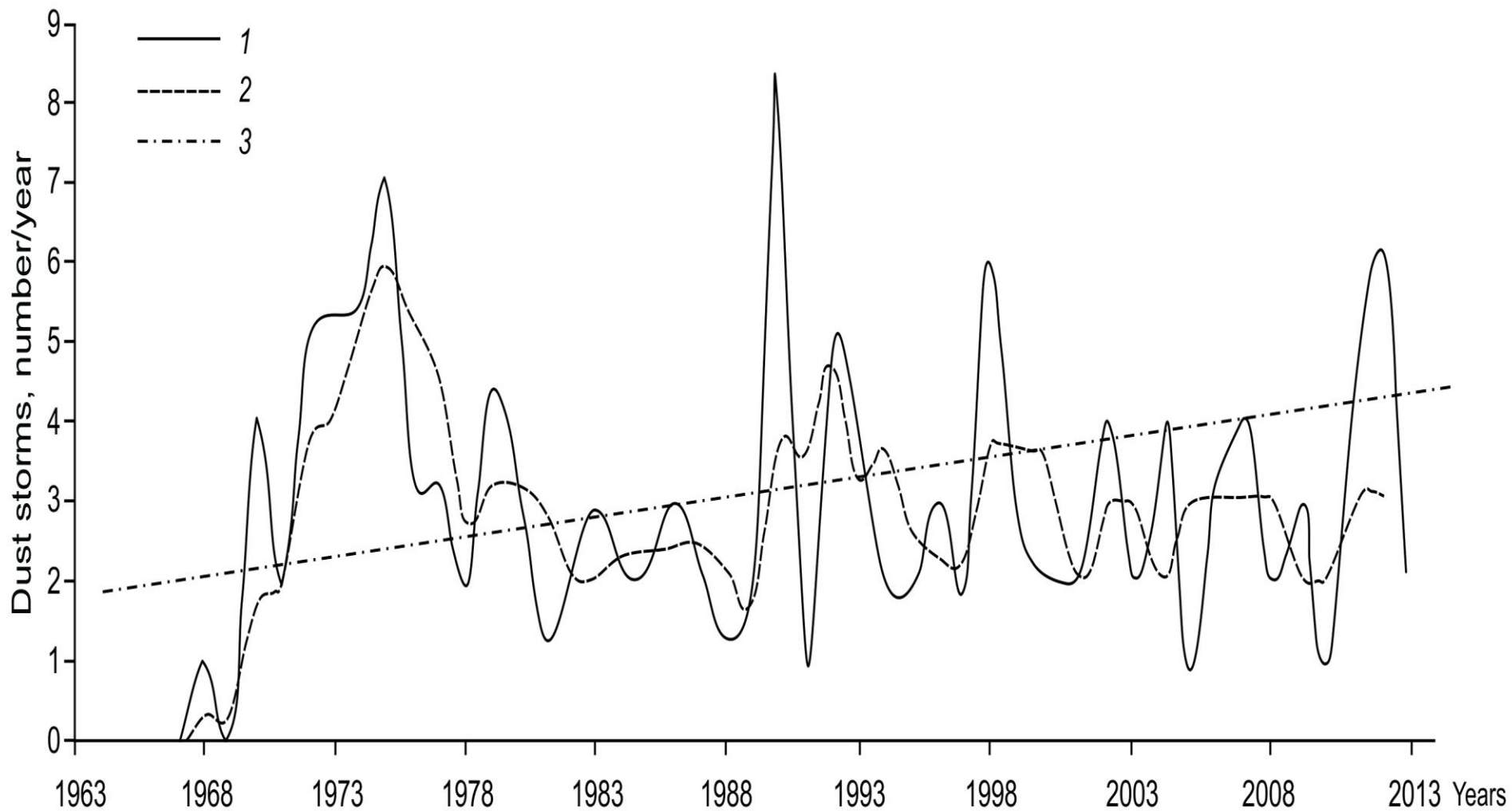
1- very rare distribution of gullies ($0.003 - 0.006 \text{ km/km}^2$; $0.011 - 0.020 \text{ units/km}^2$); 2 – sporadic distribution of gullies ($0.006 - 0.030 \text{ km/km}^2$; $0.021 - 0.100 \text{ units/km}^2$); 3 – weak distribution of gullies ($0.031 - 0.100 \text{ km/km}^2$; $0.101 - 0.250 \text{ units/km}^2$); 4 – medium distribution of gullies ($0.101 - 0.200 \text{ km/km}^2$; $0.251 - 0.500 \text{ units/km}^2$); 5 – high density of gullies ($>0.201 \text{ km/km}^2$; $> 0.501 \text{ units/km}^2$); 6 – white background - gullies are absent or rare ($<0,003 \text{ km/km}^2$; $<0,010 \text{ units/km}^2$).



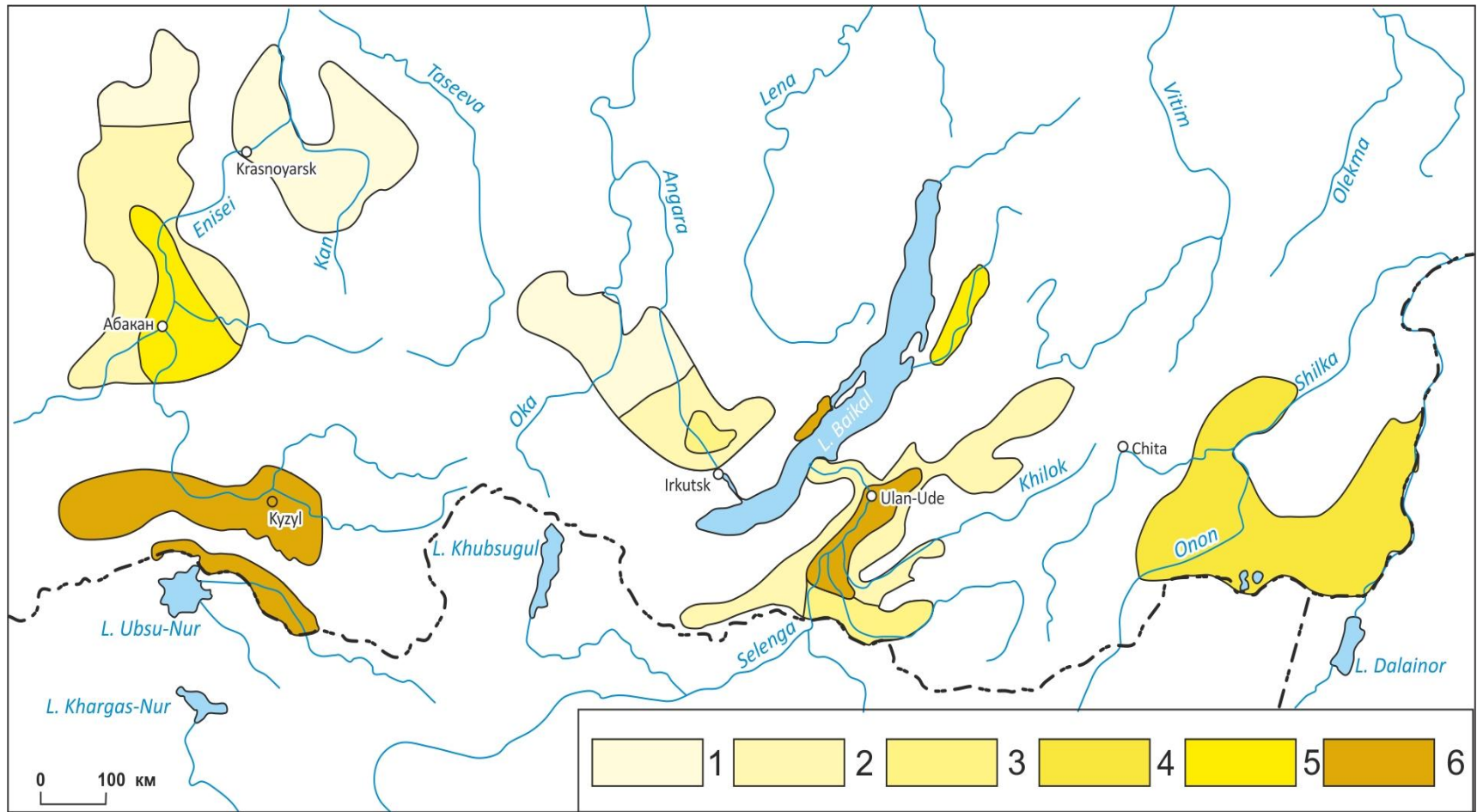
Soil deflation in Siberia

- Active deflation is one of the major problems of soil degradation in southern Siberia
- In general, the prevailing intensity of deflation in the subarid regions of southern Siberia is 10-50 tons/ha per year
- The analysis of the variability of the deflation processes over the past 100 years has revealed a cyclic nature of their course, caused by variations in atmospheric humidity. In the long-term regime of dust storms over the last 30 years of the 20th century, there were opposite trends in their increase in the eastern regions of the south of Siberia and a decrease in the west/

Многолетняя динамика пыльных бурь в Иркутске:
1 – ежегодные данные; 2 – сглаженные по трехлетиям; 3 –
линейный тренд



Geomorphological zones of possible desertification. Risk: 1 - very weak, 2 – weak, 3 – moderate, 4 – high, 5 - very high, 6 - extremely high



Вероятность опустынивания субаридных районах Сибири, рассчитанная на основе повторяемости количества пыльных бурь в год (N), комплексного климатического показателя дефляции (C), % и модуля эоловой миграции вещества (A, т/га в год)

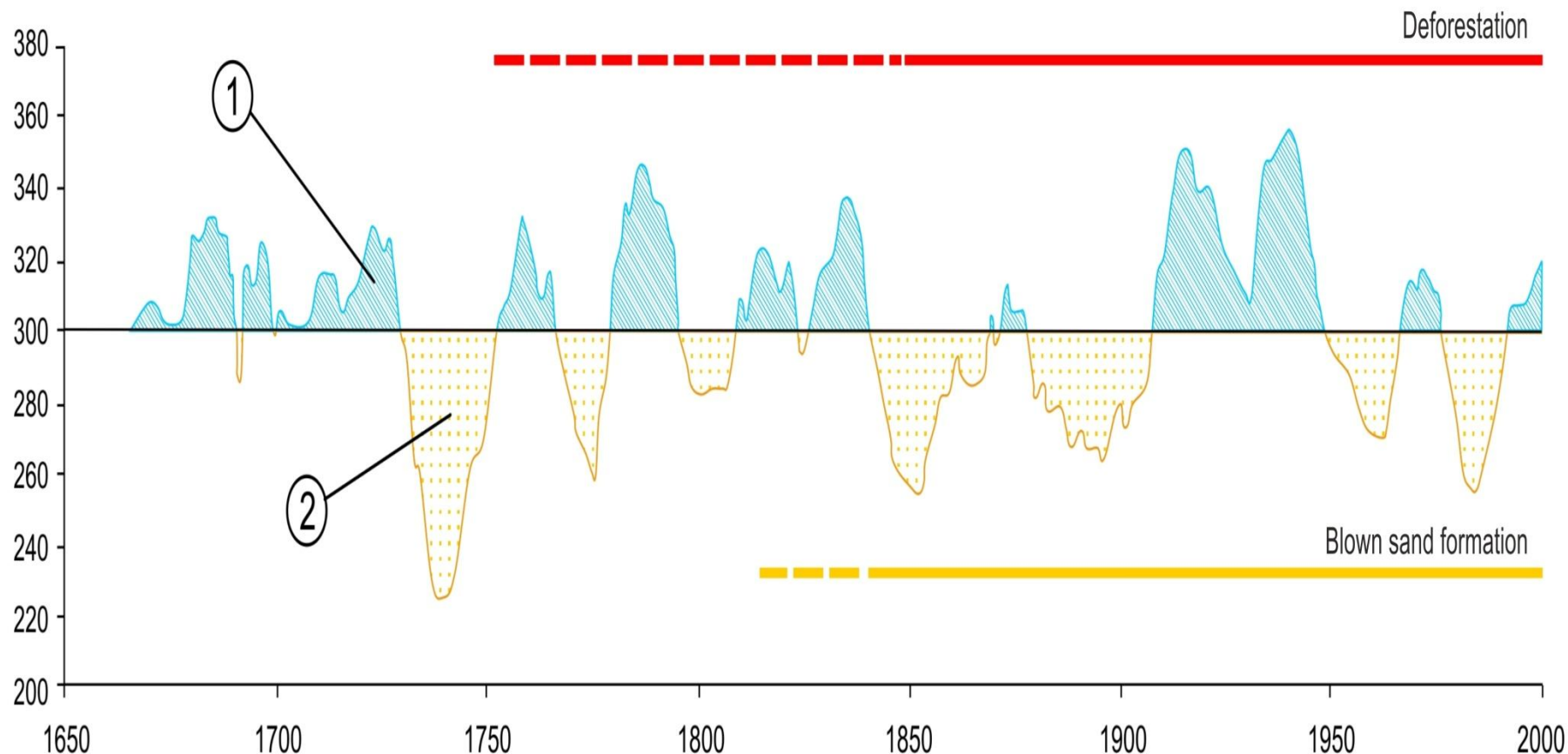
Степень опустынивания	Интенсивность эоловых процессов				
	слабая (N < 3,0; C < 1,5)	умеренная (N 3,1–7,0; C 1,5–3,0)	высокая (N 7,1–10,0; C 3,1–5,0)	очень высокая (N > 10,0; C > 5,0)	A, т/га
I	85	15	–	–	0,1-1
II	65	25	7	3	1-5
III	60	20	15	5	5-10
IV	35	35	10	20	10-100
V	30	20	20	30	100-1000
VI	30	10	10	50	Более 1000

В 2010 г генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун, обращаясь ко всему населению мира, сказал: «Продолжение деградации почв из-за изменения климата, ненадлежащего ведения сельского хозяйства или плохого управления водными ресурсами — представляет собой угрозу продовольственной безопасности, ведущей к голоду и утрате плодородных земель. Начиная Международное десятилетие пустынь и борьбы с опустыниванием, пообещаем укрепить наши усилия по защите земель, необходимых для достижения целей развития третьего тысячелетия и обеспечения благополучия людей».

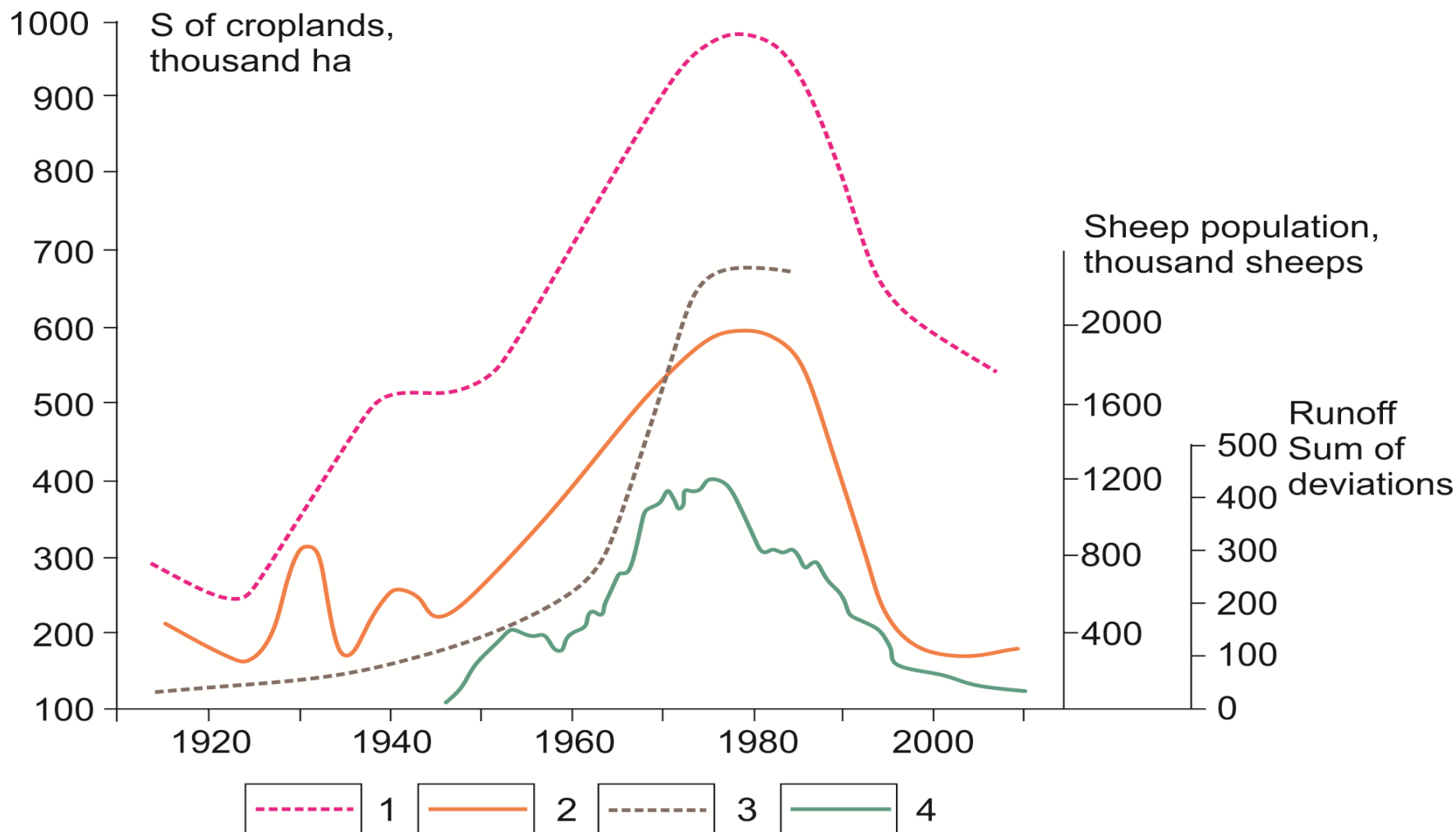
Бассейн Байкала

- По степени эродированности почв, как одного из основных критериев оценки экологической обстановки любого региона, бассейн Байкала занимает лидирующее положение не только среди районов юга Сибири, но даже из числа 67 административных образований Российской Федерации, входящих в земледельческую зону России Бурятия находится на третьем месте (Намжилова, Тулохонов, 2000). Согласно данным последней корректировки общей эродированности сельскохозяйственных угодий в 9 районах Бурятии этот показатель превышает 50 %, что позволяет отнести их к районам чрезвычайной экологической ситуации.
- Наблюдается сложное пространственно-временное взаимодействие процессов водной и ветровой эрозии, обусловленное влиянием климата и деятельности человека.
- Отмечался продолжительный период резкого снижения интенсивности эрозии почв в бассейне озера Байкал, связанный с консервацией хозяйственной деятельности с 1990 г.

**Внутривековое распределение эрозионно- (1)
и дефляционноопасных (2) периодов, выделенных на основе
реконструированной региональной дендроклиматической
хронологии динамики атмосферных осадков в бассейне Селенги**

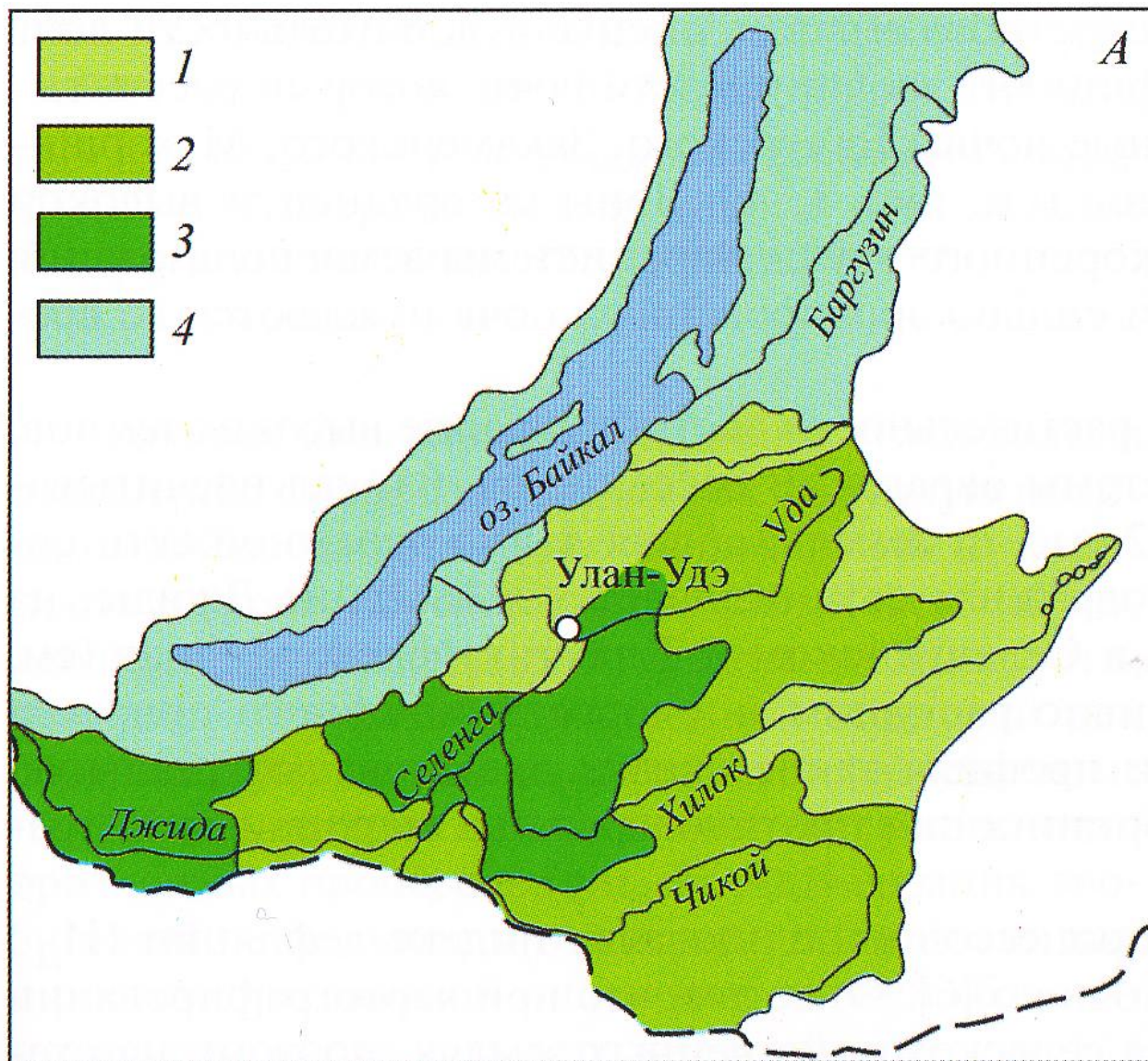


Многолетняя динамика изменения площади пахотных земель (1), поголовья овец (2), изменения площади эродированной пашни (3) и стока взвешенных наносов р. Селенги (4). [Bazhenova, Kobylkin, 2013].



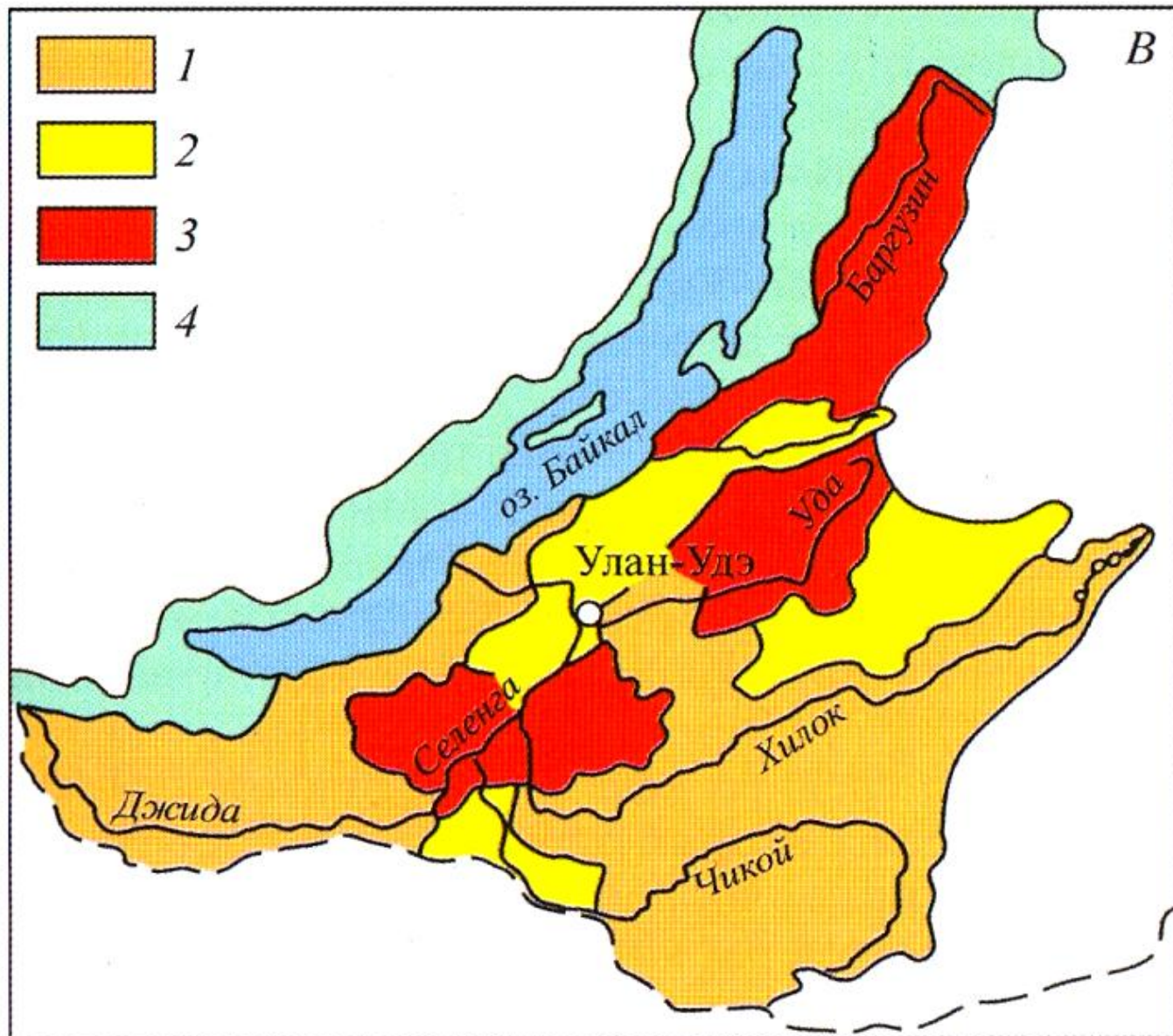
Зоны современного развития процессов смыва в бассейне оз. Байкал

Интенсивность процессов: 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная, 4 – территории бассейна почвы которых не подвержены антропогенно ускоренному смыву



Зоны современного развития процессов дефляции в бассейне оз. Байкал

Интенсивность процессов: 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная, 4 – территории бабассейна почвы которых не подвержены антропогенно ускоренной дефляции



Почвозащитные региональные модели

- **Алтайская модель** защиты почв от талого смыва включает в себя систему водозадерживающих и водонаправляющих гидротехнических сооружений, сопряжённых с лесными полосами, лиманы и склоновые пруды-накопители
- **Хакасская модель** предотвращения и надёжной защиты почв от ветровой эрозии предлагает полосное размещение посевов сельскохозяйственных культур и многолетних трав, плоскорезную обработку почв, орошение.
- **Байкальская модель** защиты почв от совместного проявления водной и ветровой эрозии основывается на мероприятиях по правильной организации территории, таких как: полосное размещение посевов и пара, безотвальная обработка почвы, посев специальными противоэрозионными сеялками, вспашка «поперек господствующих ветров» и «поперек склона», противоэрозионные севообороты, посев трав, рационально лимитированный выпас скота, создание защитных лесополос, восстановление нарушенных агроландшафтов, создание оросительных систем.





Полосное размещение культур – защита почв от дефляции в Хакасии





**Урочище Номоხოново, Республика Бурятия
(Фото Макаров С.А., август 2018)**

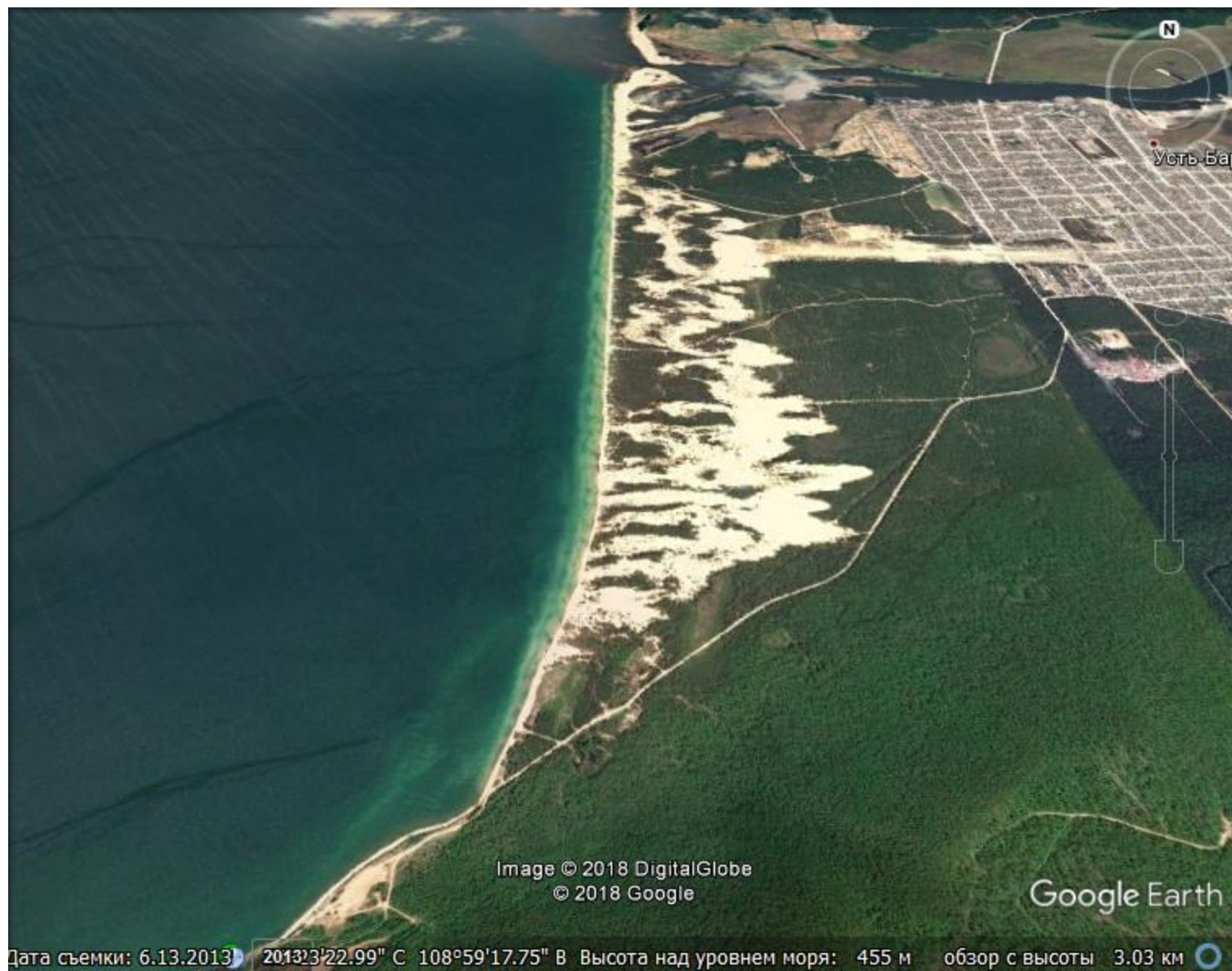


Image © 2018 DigitalGlobe
© 2018 Google

Google Earth

Дата съемки: 6.13.2013 2013'3'22.99" С 108°59'17.75" В Высота над уровнем моря: 455 м обзор с высоты 3.03 км

Эрозия почв на пашне в бассейне р. Джиды, 2011 г.













Первоочередные задачи

- Для оптимизации землепользования в условиях вынужденной консервации сельскохозяйственных земель и некоторого ослабления эрозии почв необходима инвентаризация дефляционно- и эрозионноопасных земель на основе их картографирования и количественной оценки.
- Для осуществления такой работы необходима координация и интеграция исследований эрозии почв, выполняющихся в институтах Сибирского отделения Российской академии наук, университетах и других учреждениях, а также подготовка соответствующих специалистов.
- Межведомственная комиссия по экологической безопасности Российской Федерации еще в 1993 г. рассмотрела вопрос о необходимости срочных мер, направленных на предотвращение дальнейшей деградации почвенного покрова как угрозы национальной безопасности страны (Добровольский, 1997).
- Следует наконец-то принять закон об охране почв на федеральном уровне и на уровне отдельных субъектов Российской Федерации.
- Для сохранения почв и улучшения экологической обстановки необходимы не только правовые и финансово-экономические меры, но важно и понимание угрозы деградации почв и водных ресурсов для благополучия населения России.