

## БИОЛОГИЯ

УДК 631.452

*Г.Ж. Исмуканова, О.Э. Мерзляков*

### ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-04-90918-мол\_снг\_нр).*

Представлены результаты статистической обработки данных мониторинговых исследований физических и физико-химических свойств почв Северного Казахстана, вовлеченных в интенсивное сельскохозяйственное использование. Выявлены статистически значимые показатели деградации почв. Проведена систематизация деградационных факторов с учетом местных и региональных условий и построены статистические модели, описывающие процесс деградации почв. Составленная база данных обработана с использованием пакета программы STATISTICA.

**Ключевые слова:** плодородие; деградация почв; дегумификация; засоление; дефляция; интенсивное земледелие; корреляционная матрица; статистически значимые показатели.

Территория Северного Казахстана, занимающая площадь около 80 тыс. км<sup>2</sup>, характеризуется плодородными почвами, а также оптимальными природными и климатическими условиями для интенсивного сельскохозяйственного освоения.

Исследованная территория до середины XX в. использовалась как летние пастбища, поэтому на протяжении многих веков почвенный покров претерпевал пастбищную дигрессию. Позднее, в период освоения целинных и залежных земель, было вовлечено в сельскохозяйственный оборот около 25 млн га земель [1. С. 4].

Долгое время сельскохозяйственное освоение юга Западной Сибири и природопользование в целом осуществлялись без достаточной проработки экологических аспектов, которые нередко просто игнорировались. В итоге произошло нарушение естественной природной обстановки, вмешательство человека способствовало ухудшению свойств и деградации почв вследствие превышения порога экологической устойчивости. Так, сведение лесов на юге Новосибирской области и введение в эксплуатацию Алейской оросительной системы в Алтайском крае привели к вторичному засолению почв и обмелению рек приграничных районов Северного Казахстана [2. С. 62–65].

На протяжении многих лет на исследованной территории происходили пыльные бури. Особенно катастрофическим это явление оказалось в 1968 г., в результате чего произошло выдувание пахотного горизонта почв на значительных площадях.

Важно подчеркнуть, что почва в системе агроценоза представляет собой сложную подсистему с различными физическими, химическими и биологическими свойствами, определяющими ее плодородие и формирующими среду для развития растений. В рамках современных систем интенсивного земледелия предпринимаются попытки восстановить принцип возврата органического вещества и элементов питания путем внесения все возрастающих норм органических и минеральных удобрений. Однако эффективность их применения снижается из-за агрофизической деградации пахотного слоя почвы, которая усиливается диспергацией гумуса под влиянием высоких норм минеральных

удобрений [3. С. 8–12]. На исследуемой территории интенсивно проявляются процессы деградации почв (засоление, дефляция и дегумификация), что определяет актуальность проведенных исследований, направленных на выявление значимых показателей, влияющих на изменения экологических функций почв [4].

#### Материалы и методики исследования

Республиканским государственным предприятием на правах хозяйственного ведения «Научно-производственного центра земельного кадастра» (РГП «НПЦзем») Северо-Казахстанского филиала на территории Северо-Казахстанской области были заложены 23 пункта наблюдения (табл. 1) на двух типах почв, из них:

- на черноземах – 18 мониторинговых площадок;
- на лугово-черноземных почвах – 5 мониторинговых площадок.

С учетом трансформации границ территории Северо-Казахстанской области в 1999 г. внесены изменения и дополнения в обобщенные материалы по определению природно-сельскохозяйственных зон и почвенных доминантов по установленным зонам, а также по основным показателям почвенных параметров.

В результате обобщения и анализа материалов в 2005 г. на территории области определены природно-сельскохозяйственные зоны и преобладающие почвенные доминанты в границах зон для заложения площадок наблюдений: лесостепная, площадь пашни – 247 284 га; степная, площадь пашни – 3 967 416 га. Степная зона подразделяется на две подзоны: подзона черноземов обыкновенных, площадь пашни – 3 225 916 га и подзона черноземов южных, площадь пашни – 741 500 га.

Анализы проводились в химической лаборатории Северо-Казахстанского дочернего государственного предприятия ГосНПЦзем по следующим видам и методам:

- рН водной суспензии потенциометрически на иономере ЭВ-74;
- гумус по Тюрину в модификации Никитина;
- поглощенный натрий по Антипову – Каратаеву и Мамаевой;

– подвижный фосфор и калий по Мачигину (ГОСТ 25205-4);

– легкогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой в модификации Кудярова.

Таблица 1

Территориально-зональная сеть стационарных пунктов наблюдений

ПОЧВЫ	№ пункта наблюдения
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	ПСЭП1
	ПСЭП2
	ПСЭП3
Черноземы южные карбонатные слабогумусированные легкоголистые	ПСЭП4
	ПСЭП5
	ПСЭП6
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	ПСЭП7
Лугово-черноземные среднесиловые легкоголистые	ПСЭП8
	ПСЭП9
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	ПСЭП10
	ПСЭП11
Чернозем обыкновенный среднесиловой малогумусный легкоголистый	ПСЭП12
	ПСЭП13
	ПСЭП14
Лугово-черноземные среднесиловые легкоголистые	СЭП1
	СЭП2
	СЭП3
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	СЭП4
	СЭП5
Чернозем обыкновенный среднесиловой малогумусный легкоголистый	СЭП6
	СЭП7
	СЭП8
	СЭП9

По результатам лабораторных исследований проведено сравнительное исследование с первичными исходными данными (табл. 2, 3).

С целью мониторинга проявления деградационных процессов были проведены исследования на пунктах наблюдения Северного Казахстана, Акмолинской области, Зерендинского района и в бассейне озера Жолдыбай. В ходе маршрутного обследования территории,

прилегающей к озеру Жолдыбай, исследовались зональные и интразональные почвы.

Для выявления значимых показателей деградации почв и анализа взаимосвязей, присущих изучаемым процессам и явлениям, был выбран метод построения модели корреляционной матрицы с использованием *t-критерия* и гипотезы о равенстве средних двух выборок.

Таблица 2

Свойства почв на момент заложения мониторинговых площадок

ПОЧВЫ	№ пункта наблюдения	Мощность А+ВВ	Гумус, %	N <sub>гидр.</sub> , мг/100 г	P <sub>подв.</sub> , мг/100 г	K <sub>подв.</sub> , мг/100 г	Na <sup>2+</sup> , мг-экв/100 г	pH
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	ПСЭП24	43	4,08	2,33	0,99	74,1	0,24	7,9
	ПСЭП23	47	4,30	4,01	0,78	63,6	0,14	8,0
	ПСЭП22	37	4,10	1,57	0,59	55,1	0,04	7,2
Черноземы южные карбонатные слабогумусированные легкоголистые	ПСЭП21	32	2,60	2,75	0,56	45,2	0,03	7,2
	ПСЭП20	42	3,35	3,03	0,51	71,0	0,34	8,0
ПСЭП19	44	3,20	2,92	0,58	77,5	0,27	7,9	
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	ПСЭП18	44	4,60	2,36	1,26	52,2	0,59	7,6
Лугово-черноземные среднесиловые легкоголистые	ПСЭП16	44	6,25	3,58	0,74	45,4	0,03	7,2
	ПСЭП15	43	5,35	1,12	0,59	39,1	0,05	7,4
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	ПСЭП14	42	4,90	1,50	0,63	48,8	0,07	7,8
	ПСЭП13	45	4,50	3,19	0,86	37,4	0,26	7,6
Чернозем обыкновенный среднесиловой малогумусный легкоголистый	ПСЭП12	45	4,90	3,02	0,69	57,7	0,01	7,1
	ПСЭП11	42	4,50	2,70	2,46	33,6	0,07	7,3
	ПСЭП10	45	6,04	3,40	1,89	44,2	0,11	7,2
Лугово-черноземные среднесиловые легкоголистые	СЭП1	44	5,00	3,01	0,69	43,7	0,85	7,6
	СЭП2	43	4,70	2,80	0,70	46,0	0,53	7,4
	СЭП3	45	4,60	2,52	0,60	43,7	0,18	7,7
Чернозем обыкновенный среднесиловой легкоголистый	СЭП4	42	4,05	2,33	2,77	45,3	0,11	7,2
	СЭП5	42	4,10	2,52	1,38	45,8	0,13	7,1
Чернозем обыкновенный среднесиловой малогумусный легкоголистый	СЭП6	43	4,70	3,39	1,34	68,2	0,04	7,9
	СЭП7	42	4,80	3,76	2,83	66,0	0,04	7,9
	СЭП8	43	5,00	3,25	1,49	49,0	0,14	7,9
	СЭП9	45	4,90	3,30	1,74	64,9	0,10	7,8

Свойства почв на момент проведения мониторинговых исследований 2012 г.

ПОЧВЫ	№ пункта наблюдения	Мощность A+AB	Гумус, %	N <sub>гидр.</sub> , мг/100 г	P <sub>подв.</sub> , мг/100 г	K <sub>подв.</sub> , мг/100 г	Na <sup>2+</sup> , мг-экв/100 г	pH
Чернозем обыкновенный среднеслойный легкоглинистый	ПСЭП24	44	4,20	2,75	1,91	100,6	0,50	7,9
	ПСЭП23	47	4,10	2,39	0,30	47,2	0,28	8,2
	ПСЭП22	37	3,00	1,44	1,02	40,6	0,08	7,4
Черноземы южные карбонатные слабогумусированные легкоглинистые	ПСЭП21	32	2,70	2,20	1,02	45,2	0,09	7
	ПСЭП20	43	3,02	2,38	0,50	79,3	0,17	8,2
	ПСЭП19	46	3,20	2,24	0,85	58,4	0,30	8,2
Чернозем обыкновенный среднеслойный легкоглинистый	ПСЭП18	45	4,32	2,53	2,90	46,3	–	8,2
Лугово-черноземные среднеслойные легкоглинистые	ПСЭП16	44	5,46	2,86	0,92	44,4	0,05	6,9
	ПСЭП15	43	4,80	0,99	3,05	40,9	0,10	7,3
Чернозем обыкновенный среднеслойный легкоглинистый	ПСЭП14	42	5,16	1,47	2,02	56,8	0,08	7,7
	ПСЭП13	45	4,40	3,19	0,79	40,3	0,25	7,6
Чернозем обыкновенный среднеслойный малогумусный легкоглинистый	ПСЭП12	46	4,72	2,95	0,90	48,4	0,14	7,1
	ПСЭП11	42	3,30	2,66	1,25	38,2	0,11	7,3
	ПСЭП10	46	4,50	3,40	1,21	41,9	0,03	7,4
Лугово-черноземные среднеслойные легкоглинистые	СЭП1	44	4,60	1,80	1,82	45,1	0,78	7,4
	СЭП2	43	4,70	2,23	1,28	43,7	0,92	7,6
	СЭП3	43	4,78	1,80	0,98	45,6	0,17	7,6
Чернозем обыкновенный среднеслойный легкоглинистый	СЭП4	45	4,09	1,21	2,90	55,0	0,12	7,4
	СЭП5	43	3,90	1,48	1,22	41,5	0,20	7,6
Чернозем обыкновенный среднеслойный малогумусный легкоглинистый	СЭП6	45	4,70	1,81	1,12	63,4	0,10	8,2
	СЭП7	43	4,60	3,07	1,87	63,2	0,07	8,2
	СЭП8	43	4,90	1,79	2,90	68,8	0,14	8,0
	СЭП9	46	4,27	3,50	1,22	61,6	0,12	8,3

Согласно статистическому методу, проверяемую гипотезу называют нулевой. Наряду с нулевой рассматривают и альтернативную, или конкурирующую гипотезу, являющуюся логическим отрицанием нулевой.

Теоретически *t-критерий* может применяться, даже если размеры выборок очень небольшие, переменные нормально распределены, а дисперсии наблюдений в группах не слишком различны.

### Результаты исследований и обсуждение

Согласно проведенным исследованиям, наиболее значимым показателем деградации почв является дегуми-

фикация. Дегумификация как экологическое проявление деградационных процессов в агроландшафтах исследуемой территории выражается в уменьшении содержания гумуса, что влечет снижение запасов в почве биогенных элементов, нарушение баланса минеральных и органических веществ, изменение структуры почвы и, как следствие, развитие эрозийных процессов.

По данным мониторинговых наблюдений за состоянием пашни в районах зернового производства в Северном Казахстане, проводимых Государственным НПЦ земледелия Министерства сельского хозяйства РК, процесс потери гумуса в настоящее время продолжается, и за последние десять лет произошло резкое его уменьшение (табл. 4).

Таблица 4

Динамика содержания гумуса в пахотном горизонте почв по результатам мониторинга земель Северо-Казахстанской области (по данным Государственного НПЦ земледелия Министерства с/х РК)

Номер СЭП (ПСЭП), наименование района, сельского округа	Годы почвенных обследований	Содержание гумуса, %	Шифр почвы	Динамика гумуса, %	
				Период 10 лет	Период 10–20 лет
Степная зона, подзона черноземов обыкновенных					
Есильский КУ СЭП 4 Есильский р-н, Покровский с/о	1998	4,05	14 тс	1,7	-0,7
	2008	4,12			
	1998	4,05			
	2012	4,09			
Есильский КУ СЭП 5, Есильский р-н, Покровский с/о	1998	4,11	14 тс	-7,5	-4,9
	2008	3,80			
	1998	4,11			
	2012	3,90			
ПСЭП 10 р-н им. Габита Мусрепова	1998	6,04	14 лг		-24,5
	2009	4,56			
ПСЭП 11, Акжарский р-н	1998	4,50	14 тс		-26,7
	2009	3,30			

Номер СЭП (ПСЭП), наименование района, сельского округа	Годы почвенных обследований	Содержание гумуса, %	Шифр почвы	Динамика гумуса, %	
				Период 10 лет	Период 10–20 лет
Октябрьский КУ СЭП 6 р-н Шал акына, Октябрьский с/о	1998	4,70	23 лг	-8,5	1,5
	2008	4,30			
	1998	4,70			
	2012	4,77			
Октябрьский КУ СЭП 7, р-н Шал акына, Октябрьский с/о	1998	4,83	23 лг	2,3	-3,3
	2008	4,94			
	1998	4,83			
	2012	4,67			
СЭП 8, Тайыншинский р-н, Чермошнянский с/о	1996	5,00	23 лг	-8	-0,4
	2005	4,60			
	1996	5,00			
	2012	4,98			
СЭП 9, Айыртауский р-н, Константиновский с/о	1996	4,96	23 лг	-5,6	-13,9
	2005	4,68			
	1996	5,00			
	2012	4,30			
Лесостепная зона, подзона черноземов выщелоченных					
Суворовский КУ СЭП 1, р-н М. Жумабаева, Октябрьский с/о	1994	4,90	210 тс	-5,3	-6,4
	2005	4,64			
	1994	4,90			
	2012	4,68			
Суворовский КУ СЭП 2, р-н М. Жумабаева, Октябрьский с/о	1994	4,70	210 тс	-3,8	1,2
	2005	4,52			
	1994	4,70			
	2012	4,76			
Суворовский КУ СЭП3, р-н М. Жумабаева, Октябрьский с/о	1994	4,60	210 тс	0,9	3,9
	2005	4,64			
	1994	4,60			
	2012	4,78			

Для дальнейшего анализа значимости выявленного критерия все признаки были сгруппированы и протестированы на нормальность распределения внутри групп, так как парные разности должны быть нормально распределены.

Учитывая, что значения величин всех признаков имеют нормальное распределение, необходимо определить, существенно ли отличаются значения признаков на момент заложения мониторинговых площадок и по данным проведенных мониторинговых исследований в 2012 г.

Так как сравниваемые группы основываются на одной и той же совокупности наблюдений, необходимо использовать *t-критерий* для зависимых выборок (*t-test, dependent samples*). Для критериев мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, N и рН  $p < 0,05$ , поэтому гипотезу о равенстве средних отвергаем. Для критериев N, K, P  $p > 0,05$ , что, по определению, является подтверждением нулевой гипотезы. Таким образом, среднее значение для каждого из значимых критериев деградации почв отличается как в сторону увеличения (мощность гумусового горизонта, рН), так и в сторону снижения (содержание гумуса, содержание легкогидролизуемого азота).

Для сравнения средних в более чем двух группах необходимо воспользоваться модулем дисперсионного анализа ANOVA.

Учитывая, что почвы на мониторинговых площадках представлены разными типами и подтипами, необходимо определить степень изменения значимых критериев деградации, например содержание гумуса в зависимости от типа и подтипа почв, тем самым определив наиболее неустойчивые почвы.

По данным однофакторного дисперсионного анализа прослеживается наибольшее изменение в содержании гумуса лугово-черноземных среднетощих легкоглинистых и в черноземах обыкновенных среднетощих малогумусных легкоглинистых почв (рис. 1).

Таким образом, потенциальное плодородие черноземов – результат функционирования степных биоценозов в течение многих тысяч лет. За это время накопились запасы гумуса и питательных веществ, образовалась агрономически ценная структура гумусового горизонта. Эти почвенные свойства обеспечивали благоприятный пищевой, водный и воздушный режимы и длительное время получение урожаев зерновых культур в годы с достаточным увлажнением. Но черноземы расположены в зоне неустойчивого увлажнения, засушливые годы здесь случаются примерно раз в 5 лет. Необходимость получения высоких урожаев заставила изменить традиционную практику: стали применяться высокие дозы удобрений, использоваться ядохимикаты, усилилось воздействие техники.

Интенсификация привела к целому ряду крайне неблагоприятных последствий. Среди них на первом месте – потеря почвами гумуса и разрушение структуры в результате ежегодного отчуждения биомассы с урожаем, гибели почвенной мезофауны, уплотнения почвы сельскохозяйственными машинами.

Результаты сравнительного анализа данных первичного обследования и данных 2012 г. (за 14–18-летний период) показывают, что заметных изменений в отношении количества гумуса нет. Так, в лесостепной зоне изменение содержания гумуса за 10-летний период от начала ведения мониторинга варьирует от +0,9 до -5,3%, а за прошедший 18-летний период – от +1,2 до

–6,4%. В степной зоне (подзона черноземов обыкновенных) изменение содержания гумуса за 10-летний

период варьирует от +1,7 до –8,5%, за период 14–16 лет с начала обследования – от +1,5 до –13,9%.

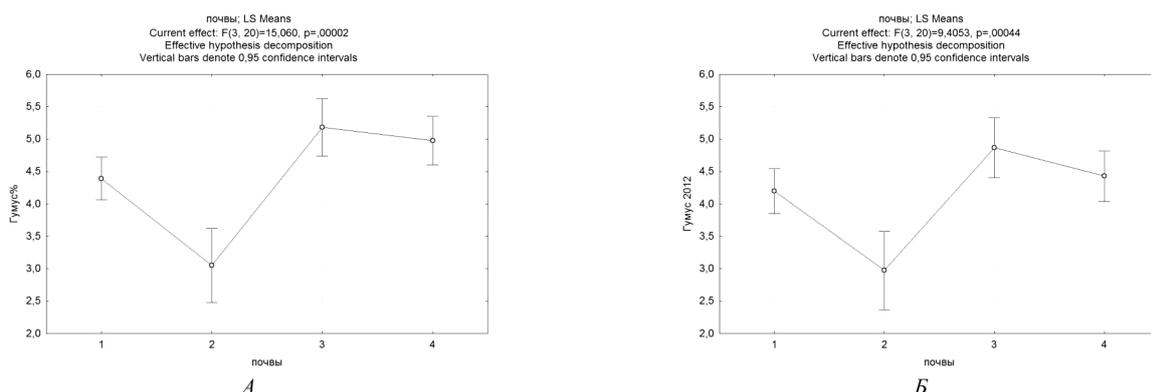


Рис. 1. Зависимость содержания гумуса (%) от четырех предикторов (1 – черноземы южные; 2 – черноземы обыкновенные среднемошнные; 3 – лугово-черноземные, 4 – черноземы обыкновенные малогумусные); А – на момент заложения мониторинговых площадок; Б – по результатам исследований 2012 г.

Согласно «Экологическим критериям определения степени деградации почв и земель» (Собрание актов Президента РК и Правительства РК. Астана, 2007 г.), полученные данные соответствуют очень слабой степени деградации почв.

Если учитывать тот факт, что при проведении анализов по определению количества гумуса вероятна погрешность в пределах 10% в положительную или отрицательную стороны, то полученные результаты свидетельствуют о незначительных изменениях его содержания в наблюдаемых почвах. Причем при анализе межпериодовых данных внутри одной СЭП или ПСЭП прослеживаются отклонения в изменении количества гумуса и других связанных с ним показателей как в сторону увеличения, так и уменьшения.

Следовательно, почва, подобно живому организму, способна к самовосстановлению. Длительность этого процесса связана с климатическими условиями, влиянием деятельности человека и другими факторами.

В настоящее время время основное внимание должно уделяться проблеме повышения плодородия черноземов в богарных условиях. Эта проблема может быть решена только на основе комплексного подхода, недоучет даже одного лимитирующего фактора может свести на нет все усилия и затраты. Эта программа должна предусматривать следующие основные моменты:

1. Восстановление и поддержание гумусового состояния почв путем внесения органических удобрений, исключения монокультуры и введения севооборотов с посевом трав, максимального возвращения в почву всех органических остатков, сохранения биологической активности почв.

2. Максимально полное предотвращение потерь почвенного плодородия от эрозии и дефляции путем введения противозерозионных систем земледелия, создания защитных лесных насаждений и т.п.

3. Предотвращение явлений слитизации и вторичного гидроморфизма и ликвидации этих явлений там, где они уже имеют место.

4. Максимальное использование атмосферной влаги, проведение мероприятий по снегонакоплению и влагоудержанию, использование паров, сохранение почвенной структуры и т.д.

5. Грамотное регулирование пищевого и щелочно-кислотного режима с использованием химических мелиорантов (улучшение солонцов путем гипсования, внесения фосфора, обеспечения азотного и калийного питания, использования микроэлементов) в точных дозах и нужных пропорциях, исключающих возникновение неблагоприятных последствий.

6. Мероприятия по рекультивации нарушенных земель.

7. Учет при интенсивном использовании статистически значимых показателей и выявление в результате исследования наименее устойчивых к деградации типов почв.

Решение всех этих проблем возможно только на фоне существенного повышения общего уровня земледельческой культуры: создание щадящей техники с минимальным давлением на поверхность почвы, разработка приемов эффективной борьбы с засоренностью полей, не приводящей к гибели почвенной мезо- и микрофауны, выведение высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бектурова Б.Г. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием – ситуация в Казахстане // О проблемах опустынивания юга Средней Сибири. 2004. С. 4.
2. Казанцев В.А., Магаева Л.А. Антропогенная деградация природных систем на юге Западной Сибири // Почвы Сибири. Красноярск. 2003. С. 62–65.
3. Танасиенко А.А. Специфика эрозии почв в Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. С. 8–12.
4. Пашков С.В. Почвы Северо-Казахстанской области. Астана, 2006. 175 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 15 апреля 2013 г.