

Частота встречаемости открытой поверхности почвы как количественная мера интенсивности использования земель

Frequency of occurrence of open soil surface as a quantitative measure of land use intensity

Куляница / Kulyanitsa A.

Андрей Леонидович
(Kulyanitsa@gmail.com)
доктор технических наук,
старший научный сотрудник.
ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МИСиС»,
профессор.
г. Москва

Королёва / Koroleva P.

Полина Владимировна
(soilmap@yandex.ru)
ФГБНУ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
научный сотрудник.
г. Москва

Рухович / Rukhovich D.

Дмитрий Иосифович
(landmap@yandex.ru)
кандидат биологических наук.
ФГБНУ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
заведующий лабораторией.
г. Москва

Рухович / Rukhovich A.

Алексей Дмитриевич
(landmap@yandex.ru)
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»,
студент.
г. Москва

Рухович / Rukhovich D.

Данила Дмитриевич
(landmap@yandex.ru)
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»,
студент.
г. Москва

Симакова / Simakova M.

Мария Сергеевна
(landmap@yandex.ru)
доктор сельскохозяйственных наук.
ФГБНУ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
ведущий научный сотрудник.
г. Москва

Ключевые слова: заброс земель – abandoned lands; интенсивность землепользования – land use intensity; дистанционное зондирование Земли – remote sensing; почвенная картография – soil mapping.

Использование земель часто измеряется в бинарной шкале. Фиксируется либо заброс-залежь, т.е. неэксплуатируемые земли, либо обрабатываемые сельскохозяйственные земли. Отход от бинарной логики возможен при построении карт интенсивности эксплуатации земель на основе технологии СОЛП (спектральной окрестности линии почв). Данная технология позволяет создавать карты интенсивности землепользования за любой интервал времени с 1985 по 2016 годы в непрерывной количественной шкале. Построение трех карт за указанный период позволило установить, что снижение интенсивности эксплуатации земель ниже 20% и означает заброс земель. Показано, что изменение интенсивности эксплуатации земель и заброс земель определяются типом почвы, т.е. причинами, обусловленными естественным плодородием, а не антропогенными факторами.

Land use is often measured by binary scale. Abandoned and fallow lands, i.e. unexploited lands, or cultivated agricultural lands are registered. Retreat from the binary logic is possible during construction of land use intensity maps based on SLSN (soil line spectral neighborhood) technology. This technology allows to create land use intensity maps for any period of time since 1985 to 2016 in a continuous numerical scale. Construction of three maps for the specified period allowed to determine that decrease of land use intensity under 20 % meant the abandonment of lands. It is shown that change of land use intensity and abandonment of lands are determined by the soil type, i.e. by causes conditioned by the natural fertility and not by anthropogenous factors.

Введение

В 2016 г в закон об обороте сельскохозяйственных земель ввели очередные поправки [8]. Назначение поправок – выявить неиспользуемые сельскохозяйственные земли и наказать нерадивых собственников. Как обычно для Российских законов, добрые пожелания не увязаны с механизмами их реализации и пониманием глубинных причин, вызвавших следствия, с которыми и борется закон [2, 6]. Предполагается, что заброс земель можно выявить визуально, путем обхода пахотных полей России. Также полагается, что заброс земель – злая воля захватчиков земель с целью перепродажи.

Бинарная логика не позволяет создателям закона даже предположить, что ситуация намного более сложная и не может быть описана бинарно. Более того, визуально определить возраст заброса можно только при возникновении на поле древесно-кустарниковой растительности (ДКР), наличие которой для вывода земель из эксплуатации совершенно не обязательно. Земля же может перестать эксплуатироваться массово, но совершенно по объективным причинам.

В данной работе предлагается рассмотреть метод количественной оценки интенсивности эксплуатации пахотных земель на основе технологии спектральной окрестности линии почв (СОЛП – spectral neighbourhood soil line, SNSL) [4, 5]. Также на основе количественной оценки показать возможности анализа текущей ситуации с землепользованием на примере трех районов Тульской области.

Тестовый полигон.

Технология апробирована на сельскохозяйственных землях трех районов Тульской области – Плавского, Арсеньевского и Чернского.

Материалы.

В работе использованы:

1. 34 кадра Landsat, безоблачных на исследуемую территорию. Все кадры имеют одну номенклатуру 178/023 по разграфке съемки Landsat на поверхность Земли (табл. 1). Т.е., все кадры Landsat, используемые в работе контруктентны.
2. Схема полей трех районов, созданная по технологии ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова [1] в М 1 : 10 000.
3. Почвенная карта М 1 : 1 000 000 [3, 7] – государственная почвенная карта (ГПК).
4. Почвенные карты ГИПРОЗЕМов М 1 : 10 000 – 1 : 25 000.
5. Координаты и описания почвенных разрезов пояснительных записок к почвенным картам ГИПРОЗЕМов (рис. 1Г).
6. Карта административного деления России М 1 : 1 000 000.

Термины и постулаты.

Интенсивность землепользования – интенсивность эксплуатации земель.

Количество воздействий на сельскохозяйственное поле, ведущее к смене типа произрастающей на поле расти-

тельности или ликвидации растительности, за единицу времени.

Спектральная окрестность линии почв (СОЛП).

Совокупность пар значений RED-NIR спектрального пространства, которые характеризуют линию почвы кадра ДДЗ и используются (могут быть использованы) для вычисления коэффициентов линии почвы. Пространственно соответствует открытой поверхности почвы (ОПП).

Частота встречаемости ОПП.

Количество раз за единицу времени на разновременных кадрах ДДЗ принятия пикселем значений соответствующим СОЛП. В данной работе использованы 34 кадра Landsat за период с 1985 по 2014 г. Следовательно, частота встречаемости открытой поверхности почвы (ОПП) может за 30 лет составлять от 0 до 34 раз.

Интенсивность эксплуатации почвы можно измерить с помощью частоты встречаемости ОПП.

При возделывании сельскохозяйственных культур периодически происходит смена типа растительности. Смена типа растительности происходит через обязательный временной промежуток, когда на поле нет иных объектов, кроме ОПП. В этот момент значения RED-NIR ДДЗ принимают величины СОЛП. Практически невозможно представить себе способ возделывания сельскохозяйственных культур без периодического формирования периода с ОПП. Предполагается, что чем интенсивнее обрабатывается земля, тем чаще возникает ОПП как на местности, так и на ДДЗ. Следовательно, частота встречаемости ОПП характеризует интенсивность землепользования.

Методы и технологии.

I. Основным методом работы является технология выделения СОЛП. Технология подробно изложена в опубликованных работах.

II. Вторым методом работы является технология расчета частоты встречаемости ОПП в каждом пикселе изучаемой территории по 34 картам ОПП.

III. Третьим методом является пересечение карт частоты встречаемости ОПП с административными картами (табл. 3) (рис. 1А-В).

IV. Четвертым методом является пересечение карт ЧВОПП с почвенными картами и картой расположения почвенных разрезов (табл. 4) (рис. 1).

Результаты работы.

Для каждого участка пашни с разрешением 30x30 метров рассчитано на скольких снимках Landsat встречалась ОПП (табл. 2):

1. Частота встречаемости ОПП с 1985 по 1994 гг. (рис. 1А).
2. Частота встречаемости ОПП с 1995 по 2004 гг. (рис. 1Б).
3. Частота встречаемости ОПП с 2005 по 2014 гг. (рис. 1В).

Обсуждение

Рассмотрим карту интенсивности эксплуатации земель (вероятности встретить ОПП на ДДЗ) на рис. 1А. Это карта периода с 1985 по 1994 гг. На карте хорошо прослеживается плавный переход интенсив-

Таблица 1

**Список безоблачных сцен Landsat 5, 7, 8 на Плавский, Арсеньевский
и Чернский районы Тульской области**

№ снимка	Имя каталога/название сцены	Дата съемки
1	LT51780231985136KIS00	16.05.1985
2	LT51780231985216XXX03	04.08.1985
3	LT51780231986123XXX02	03.05.1986
4	LT51780231986171XXX04	20.06.1986
5	LT51780231986187XXX03	06.07.1986
6	LT51780231986347XXX03	13.12.1986
7	LT51780231987302KIS00	29.10.1987
8	LT51780231988273KIS00	29.09.1988
9	LT51780231989147KIS00	27.05.1989
10	LT51780231989195KIS00	14.07.1989
11	LT51780231990134KIS01	14.05.1990
12	LT51780231991217XXX03	05.08.1991
13	LT51780231994193KIS00	19.07.1994
14	LT51780231994241KIS00	29.08.1994
15	LT51780231998092KIS00	02.04.1998
16	LT51780231998140KIS00	20.05.1998
17	LE71780231999279EDC00	06.10.1999
18	LE71780232000138SGS00	17.05.2000
19	LE71780232001124SGS01	04.05.2001
20	LE71780232002143SGS00	23.05.2002
21	LE71780232002239SGS01	27.08.2002
22	LE71780232002287SGS01	14.10.2002
23	LE71780232003146ASN00	26.05.2003
24	LT51780232003266MTI01	23.09.2003
25	LT51780232006226KIS02	14.08.2006
26	LT51780232007229MOR00	17.08.2007
27	LT51780232010221KIS01	09.08.2010
28	LT51780232011128KIS00	08.05.2011
29	LT51780232011208KIS01	27.07.2011
30	LT51780232011240KIS01	28.08.2011
31	LC81780232014088LGN00	29.03.2014
32	LC81780232014232LGN00	20.08.2014
33	LC81780232014264LGN00	21.09.2014
34	LC81780232014296LGN00	23.10.2014

ности эксплуатации земель с запада на восток. Земли как с высокой, так и с низкой интенсивностью эксплуатации встречаются по всей территории. В этот период большинство земель имело интенсивность эксплуатации от 30 до 60% (рис. 2А) (табл. 2). Колоколовидность графика на рис. 2А показывает, что 30–60% является для данного региона нормальными величинами интенсивности землепользования. Значения выше нормы означают, что нарушается севооборот

за счет увеличения доли зерновых и пропашных – чаще пашут. Низкая интенсивность говорит о том, что увеличивается доля многолетних трав или происходит залужение – меньше пашут. Интенсивность эксплуатации Арсеньевского района в среднем за этот период составила 38 %, а Плавского района 50 % (табл. 3). Разница интенсивности землепользования районов объясняется разным почвенным покровом (рис. 1Г). На подзолистых почвах Арсеньевского района райо-

Таблица 2

Данные по картам частоты встречаемости ОПП. I – Кол-во пикселей, II – %
от площади исследования.

% ОПП	1985–1994		1990–1999		1995–2004		2000–2009		2005–2014	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0	3666	0.16	46976	2.11	61437	2.76	62770	2.82	2138	0.10
10	152108	6.84	507925	22.84	725758	32.63	728003	32.73	206148	9.27
20	224396	10.09	530773	23.86	339053	15.24	371023	16.68	680789	30.61
30	322168	14.48	421747	18.96	246130	11.07	283988	12.77	379289	17.05
40	470979	21.17	321379	14.45	238007	10.70	252158	11.34	388300	17.46
50	483755	21.75	210561	9.47	228637	10.28	227675	10.24	294131	13.22
60	350216	15.75	116540	5.24	194500	8.74	169065	7.60	170594	7.67
70	170629	7.67	53267	2.39	116273	5.23	90963	4.09	72651	3.27
80	40824	1.84	13936	0.63	53593	2.41	31870	1.43	22478	1.01
90	4972	0.22	1151	0.05	19529	0.88	6433	0.29	6684	0.30
100	554	0.02	12	0.00	1350	0.06	319	0.01	1065	0.05

Таблица 3

Данные по районам, средние значения интенсивности использования земель
(в процентах от максимальной площади сельскохозяйственных угодий каждого района)

Район	1985– 2014	1985– 1999	2000– 2014	1985– 1994	1990– 1999	1995– 2004	2000– 2009	2005– 2014
Плавский	40.1	39.7	40.6	49.6	36.41	43.1	40.70	41.0
Арсеньевский	25.7	30.1	21.3	37.4	23.77	21.8	20.13	26.2
Чернский	30.6	33.2	28.0	41.3	25.83	27.0	25.61	33.0

Таблица 4

Данные по почвам, средние значения интенсивности использования земель
(в процентах от площади каждой почвы)

Почвы	1985– 2014	1985– 1999	2000– 2014	1985– 1994	1990– 1999	1995– 2004	2000– 2009	2005– 2014
Дерново-среднеподзолистые	18.6	23.0	14.2	27.8	16.6	14.4	14.6	19.5
Дерново-слабоподзолистые	20.5	25.7	15.3	31.7	18.7	16.1	14.9	20.0
Светло-серые лесные	22.8	27.6	17.9	33.5	21.3	19.3	17.2	22.5
Серые лесные	28.2	31.9	24.5	39.9	25.5	25.3	23.5	28.9
Тёмно-серые лесные	30.2	35.1	25.4	43.9	27.2	26.6	23.3	29.5
Чернозёмы оподзоленные	36.8	37.8	35.9	47.6	31.8	35.6	34.0	39.4
Чернозёмы выщелоченные	40.4	39.1	41.7	48.2	36.4	43.2	40.9	42.7

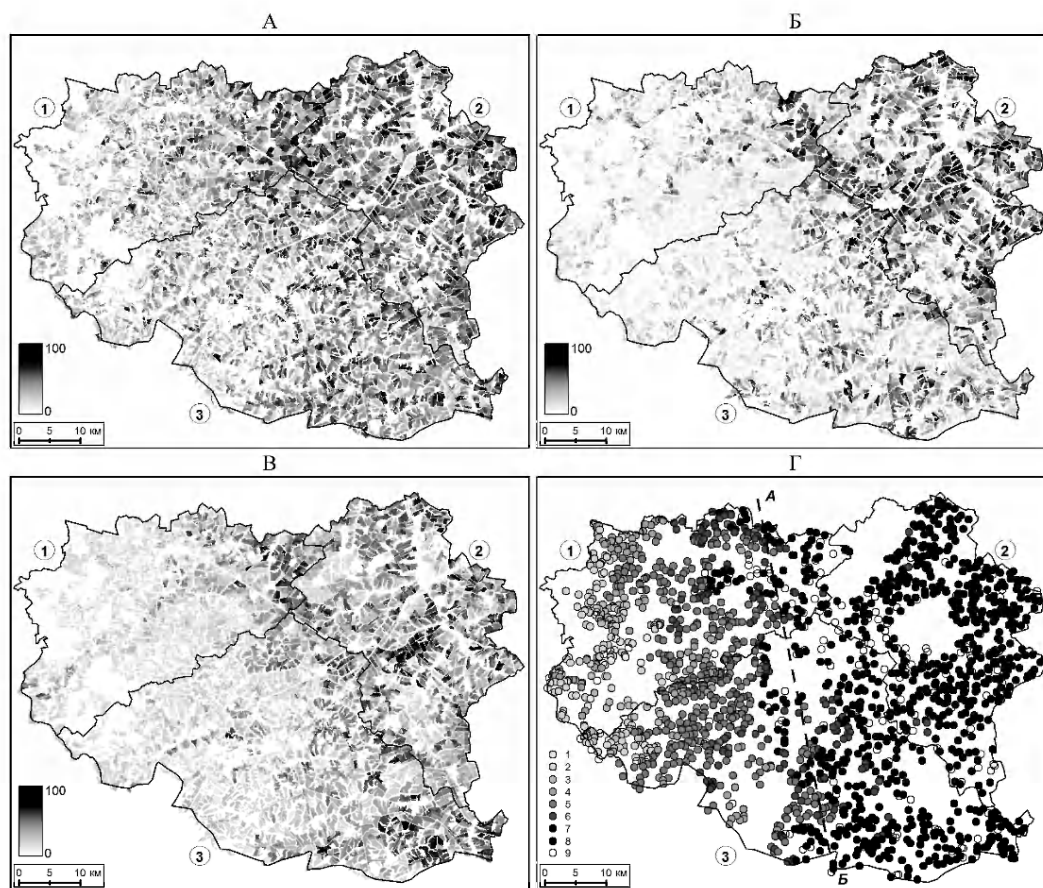


Рис. 1. Карты частоты встречаемости ОПП, цифрами обозначены районы Тульской области:

Арсеньевский (1), Плавский (2), Чернский (3), цветом обозначена частота встречаемости ОПП в процентах .

Расположение почвенных разрезов, цифрами обозначены почвы: 1 – дерново-сильноподзолистые, 2 – дерново-среднеподзолистые, 3 – дерново-слабоподзолистые, 4 – светло-серые лесные, 5 – серые лесные, 6 – темно-серые лесные, 7 – черноземы оподзоленные, 8 – черноземы выщелоченные, 9 – интразональные почвы, линия А–Б разделяет исследуемую территорию по плодородию почв и интенсивности использования земель.

нированы кормовые севообороты, где предусмотрено меньше обработок земель. Черноземы Плавского района пригодны для зерновых и пропашных севооборотов, где обработок земли больше. Но, как видим, разница в интенсивности землепользования существенная, но не в несколько раз.

Ситуация резко меняется в следующем десятилетии с 1995 по 2004 г. (рис. 1Б). Плавный переход с запада на восток сменяется резким. На западе интенсивность резко снижается местами до 0%, а на востоке поднимается местами и выше 70%. В этот период большинство земель снизило интенсивность эксплуатации менее 25% (рис. 2В). Средняя интенсивность эксплуатации земель составила для Арсеньевского района 21.8 %, а для Плавского – 43.1%. Т.е. Арсеньевский район стал эксплуатироваться в два раза меньше Плавского. Но снижение интенсивности землепользования до 20% и ниже возможно только при залужении, т.к. даже при выращивании одних только многолетних трав требует

обработки минимум раз в три года, что дает интенсивность порядка 30%.

Здесь и возникает главный вопрос – что означает падение интенсивности? Фактически, падение интенсивности землепользования ниже 20% означает, что земли не обрабатываются, т.е. никакая сельскохозяйственная продукция на них не производится и при такой интенсивности производится не может, – это уже не пашня. В лучшем случае это культурный сенокос. Но никакими методами обнаружить на этих землях ДКР и/или перелог не удастся, т.к. стадию ОПП эти земли раз или два за десятилетие проходят. Эта картина становится более явной, если расчеты вести не по административным единицам, а по природным почвенным контурам.

На территории трех районов встречаются семь зональных почв: дерново-среднеподзолистые, дерново-слабоподзолистые, светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые лесные, черноземы оподзоленные и черно-

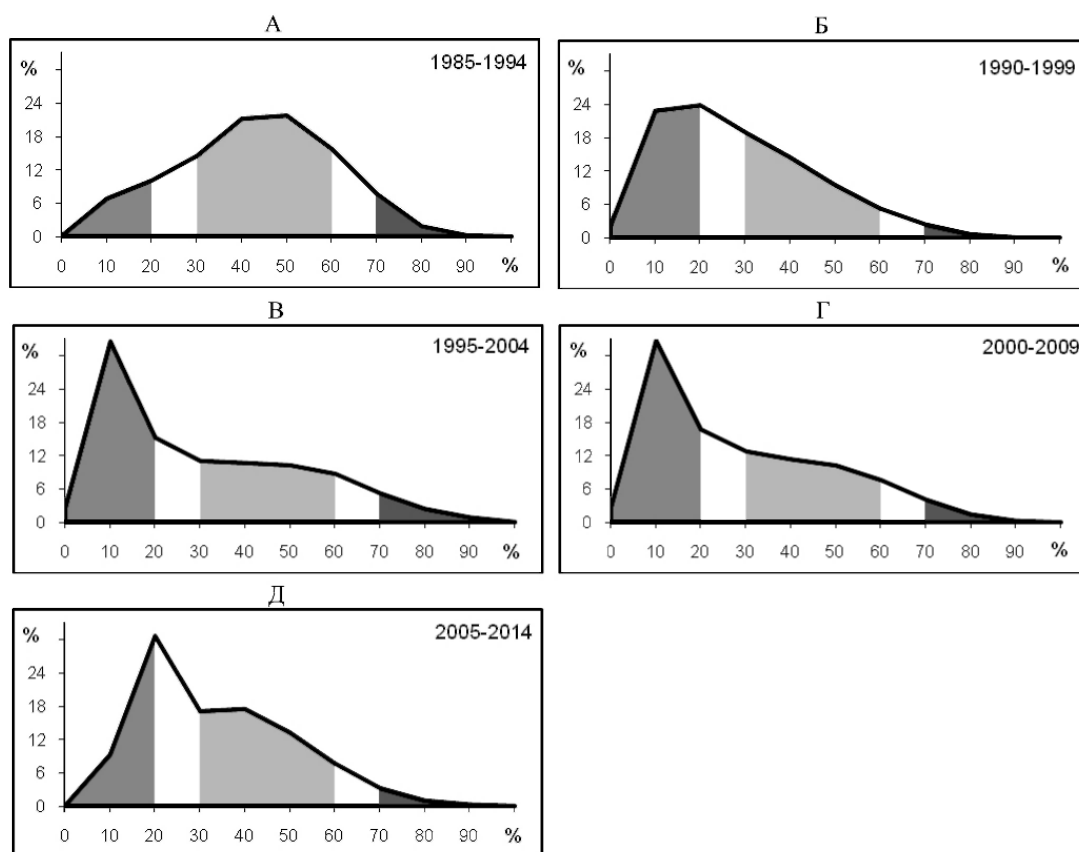


Рис. 2. Динамика интенсивности использования земель. По оси абсцисс частота встречаемости ОПП (%), по оси ординат % от максимальной площади сельскохозяйственных угодий исследуемой территории – Чернского, Плавского и Арсеньевского районов

земы выщелоченные. В десятилетие с 1985 по 1994 гг. интенсивность эксплуатации ни одной почвы не падала ниже 27% в среднем и не поднималась выше 47% (рис. 3) (табл. 4). В период же с 1995 по 2004 гг. сразу три почвы понизили интенсивность использования ниже 20% и даже ниже 15%. Это наименее плодородные почвы – подзолистые и серые лесные. Фактически, в нормальной зоне эксплуатации свыше 30% остались только черноземы. Ситуация вполне логичная, т.к. дотации сельскохозяйственным производителям в размере 400 р. даются на гектар, что никак не связано с типом почвы. Подзолистые почвы просто экономически проигрывают черноземам и массово выводятся из эксплуатации.

По почвенным картам и схемам внутрихозяйственного землеустройства М 1 : 25 000 площадь пашни Арсеньевского и Плавского районов составляла на 1985 г. 60.5 и 70.7 тыс. га. В результате заброса земель в виде ДКР и бурьянного перелога по наземным изысканиям и дешифрированию ДДЗ площадь пашни сократилась до 37.2 и 68.0 тыс. га. к 2012 г. Для Арсеньевского района соотношение снижения интенсивности эксплуатации сохраняется для двух методов. Т.е. площадь пашни соотносится как 60.5 к 37.2, а интенсивность эксплуатации как 38 к 22. Для Плавского района картина

совершенно другая. На черноземах появление ДКР весьма проблематично и заброс по визуальным данным и ДДЗ дает существенно меньшее снижение площадей (70.7 к 68.0) чем снижение интенсивности (50% к 43%). Сравнение карт на рис. 1 показывает, что снижение интенсивности эксплуатации земель на территории Плавского района ниже 20% происходит и происходит на тех же почвах, что и в Арсеньевском районе. Отсутствие ДКР легко объясняется намного меньшим количеством лесов в Плавском районе по сравнению с Арсеньевским. Именно поэтому часть неэксплуатируемых земель невозможно выявить визуально. Но снижение эксплуатации происходит одинаково на однотипных почвах невзирая на административные границы или степени облесенности территории.

Согласно официальной статистике отметим, что площади посевной на 2012 г. составляли для Арсеньевского и Плавского районов 20 и 45 тыс.га. Видится очевидным, что эти цифры ничего о выводе земель из сельскохозяйственного оборота не говорят. Наземные изыскания подтверждают данные анализа частоты встречаемости ОПП, т.е. площадь пашни Арсеньевского района сократилась в 1.6–1.8 раза и составляет порядка 34 тыс. га. Для Плавского района площадь пашни составляет 61 тыс. га.

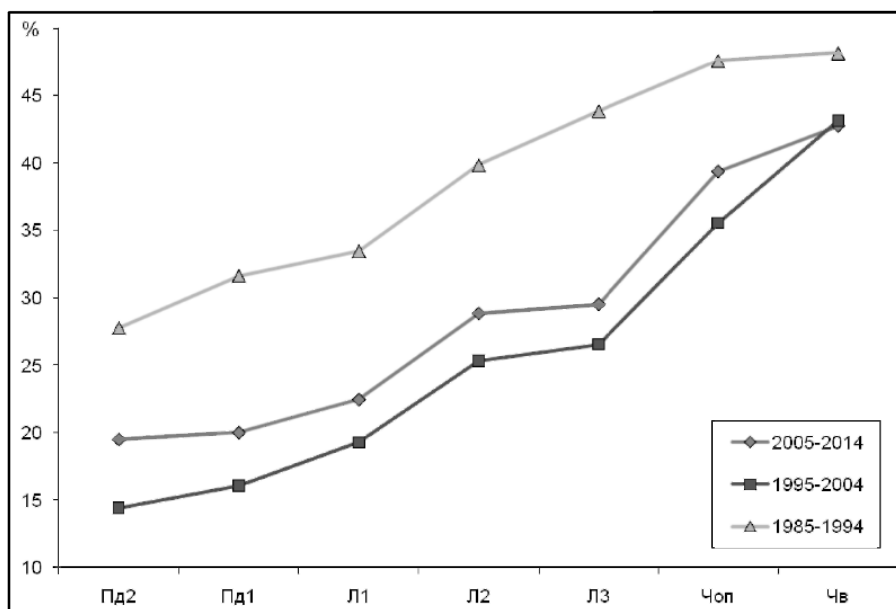


Рис. 3. Зависимость интенсивности землепользования (частоты встречаемости ОПП, %) от типов почв за различные временные периоды, индексами обозначены почвы: Пд2 – дерново-среднеподзолистые, Пд1 – дерново-слабоподзолистые, Л1 – светло-серые лесные, Л2 – серые лесные, Л3 – темно-серые лесные, Чоп – черноземы оподзоленные, Чв – черноземы выщелоченные.

Заключение

Подсчет частоты встречаемости открытой поверхности почвы с использованием технологии СОЛП позволяет перейти от бинарной логики разделения земель на пахотные и заброшенные к плавной числовой шкале. На этой шкале интенсивность эксплуатации земель от 0 до 20% фактически и означает, что поле не используется для выращивания сельскохозяйственных культур, т.е. не является пашней. Можно трактовать крайнее снижение интенсивности эксплуатации как заброс. Но при данной технологии установить заброс можно и без фиксации на поле ДКР.

Точность технологии измерения интенсивности землепользования позволяет отслеживать каждое поле или даже часть поля и точно установить момент прекращения землепользования.

Предлагается отказаться от неточных методов фиксации заброса земель по визуальной индикации состояния поля в какой-то момент времени или по данным статистики.

Установленная связь между снижением интенсивности эксплуатации земель (забросом) и типом почвы показывает, что поправки в закон об обороте земель носят неконструктивный характер. Наказание будет происходить не за умышленный вывод земель из сельскохозяйственного оборота, а за низкое природное плодородие, которое делает экономически невыгодным возделывание сельскохозяйственных культур. Возврат низкоплодородных заброшенных земель в пашню не

даст прибавки к валовым сборам сельскохозяйственных культур, а приведет к распылению сил и средств или фальсификации статистических данных.

Литература

1. Организация ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова Азовского района Ростовской области / А.В. Брызжев [и др.] // Почвоведение. – 2013. – № 11. – С. 1294–1307.
2. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри [и др.]. – М.: ГЕОС. 2010. – 416 с.
3. Государственная почвенная карта, версия ArcInfo / Д.И. Рухович [и др.] // Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 251–267.
4. Построение карт усредненных спектральных отклонений от линии почв и их сравнение с традиционными почвенными картами / Д.И. Рухович [и др.] // Почвоведение. – 2016. – № 7. – С. 794–812.
5. Информативность коэффициентов а и b линии почв для анализа материалов дистанционного зондирования / Д.И. Рухович [и др.] // Почвоведение. – 2016. – № 8. – С. 903–917.
6. Рухович, Д. И. Продовольственная безопасность России: взгляд из космоса на засуху и урожай / Д.И. Рухович, Д.А. Шаповалов // Власть. – 2015. – № 8. – С. 101–107.
7. Цифровая версия Государственной Почвенной Карты масштаба 1 : 1 млн, проблемы и решения / М.С. Симакова [и др.] // Почвоведение. – 2012. – № 4. – С. 387–397.
8. Федеральный закон от 24.07.2002 N 101-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об обороте земель сельскохозяйственного назначения" (с изм. и доп., вступ. в силу с 15.07.2016).