

## ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

### *Сергей Кинович Фарбер*

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» лаборатория лесной таксации и лесопользования, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории таксации и лесопользования, тел. (391)249-46-35, e-mail: sfarber@ksc.krasn.ru

### *Наталья Сергеевна Кузьмик*

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, тел. (391)249-44-37, e-mail: kuzmik@ksc.krasn.ru

Плодородие лесных почв оценивается (измеряется) посредством лесотаксационных показателей древостоев. Материалы массовой таксации содержат всю необходимую для составления уравнений информацию. Содержится в описании таксационного выдела и почвенно-грунтовая характеристика, в т. ч. наименование (тип) почвы. Формируются уравнения регрессии. В качестве функции используется класс бонитета древостоя, в качестве независимой переменной - показатель, оценивающий лесорастительные условия. Вне зависимости от категории земель, получаем количественную оценку плодородия лесных почв и потенциальную продуктивность древесных пород.

**Ключевые слова:** лесные почвы, плодородие лесных почв, продуктивность древостоев, лесорастительные условия, данные лесоустройства, атрибутивная таблица таксационных выделов.

## ASSESSMENT AND CARTOGRAPHY OF FOREST SOIL FERTILITY

### *Sergey K. Farber*

Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, 50/28, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia, D. Sc., phone: (391)249-46-35, e-mail: sfarber@ksc.krasn.ru

### *Natalia S. Kuzmik*

Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, 50/28, Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia, Ph. D., phone: (391)249-44-37, e-mail: natalia\_5791@mail.ru

Forest soil fertility is estimated (measured) by the forest taxation indices stands. Materials of mass taxation contain all the necessary information for drawing up equations. The description of the taxation section and the soil and soil characteristics, including the name (type) of the soil, are contained in it. Formed regression equations. The boniteness class of the stand is used as a function, the

indicator evaluating forest conditions is used as an independent variable. Regardless of the category of land, we obtain a quantitative assessment of the fertility of forest soils and the potential productivity of tree species.

**Key words:** forest soils, fertility of forest soils, productivity of forest stands, forest vegetation conditions, data of forest inventory, attributive table of taxation units.

Плодородие почв – это способность удовлетворять потребность растений в воде и питательных веществах. Плодородие почв сельскохозяйственного назначения связывается с показателями почв и урожайностью. Оценка производится в баллах, посредством которых отражаются наиболее важные для роста растений признаки [1]. Плодородие лесных почв трактуется упрощенно, как способность обеспечивать рост и продуктивность насаждений [2]. Прогнозная продуктивность древостоев при неопределённо трактуемом плодородии почв становится сомнительной. Цель настоящей работы - разработка количественного измерителя плодородия лесных почв с представлением результата в картографическом виде.

Таксационные показатели насаждений зависят от лесорастительных условий и в определенной степени характеризуют и плодородие почв. Плодородие поэтому также может оцениваться (измеряться) посредством лесотаксационных показателей. Принимается, что класс бонитета древостоя есть производное лесорастительных условий, в перечень которых входит в т. ч. плодородие лесных почв. Можно записать:  $B_s=f(S)$ , где:  $B_s$  – класс бонитета древостоя;  $S$  – показатель лесорастительных условий, в перечень которых входит и плодородие почв. Класс бонитета древостоя, наименование (тип) почв - фигурируют в описании таксационного выдела. Для получения зависимости  $B_s=f(S)$  остается определить с конструкцией показателя лесорастительных условий и далее рассчитать показатель  $S$  для каждого таксационного выдела.

Возможность сравнения (измерения) появляется при использовании заранее оговоренной линии отсчёта. В качестве показателя лесорастительных условий ранее было предложено отношение  $d/d_o$ , где:  $d_o=f(h)$ ;  $d$ ,  $h$  – диаметр и высота главной породы древостоя [3]. Вообще же преимущество за показателем, варьирующим менее других. Поэтому в качестве измерителя лесорастительных условий лучше использовать не отношение диаметров  $d/d_o$ , а отношение высот  $h/h_o$ . Тогда в качестве линии отсчета будет выступать усредненная линия роста по высоте ( $h_o=f(A)$ , где  $A$  – возраст древостоя, лет). Посредством введения дополнительного аргумента точность оценок  $h_o$  повышается. По признаку наименьшего варьирования в качестве дополнительного аргумента используется диаметр. Тогда  $h_o=f(d,A)$ , при этом началом отсчета будет уже не линия, а плоскость. При достижении определенного возраста при прочих равных условиях высоты пород деревьев различны. Соответственно будет различен и класс бонитета поэтому сопоставление плодородия почв по шкале бонитетов М. М. Орлова не имеет смысла. Сопоставление возможно относительно отдельных древесных пород. В нашем случае относительно уравнений  $h_o=f(d,A)$ , для сосны лиственницы кедра и ели. Последовательность оценки:

- составление уравнений регрессии  $h_o=f(d,A)$ ;
- вычисление значений показателя  $S=h/h_o$  для лесотаксационных выделов;
- получение для древесной породы и типа почвы средних значений показателя лесорастительных условий  $S_i=\sum S/n_i$ ;
- получение общего для всех пород деревьев и типа почвы средневзвешенных значений показателя лесорастительных условий  $S_o=\sum(S_i*n_i)/N$ , где  $N=\sum n_i$ ;
- составление для древесных пород уравнений регрессии  $B_s=f(S)$ ;
- вычисление потенциальной продуктивности древесных пород  $B_s$  для лесотаксационных выделов;
- картографирование плодородия почв и потенциальной продуктивности древесных пород.

Выявление аналитического вида уравнений регрессии произведено программными средствами STATISTICA. Задан уровень значимости 0.95. Картографирование плодородия почв произведено по величинам показателя  $S_o$ , потенциальной продуктивности древостоев по величинам показателя  $B_s$  средствами ArcGIS Spatial Analyst.

Тестовый участок расположен на территории Терянского лесничества (Верхнетерянское участковое лесничество, квартала 1-53 и Кажимское участковое лесничество квартала 93, 94, 118, 119) (рис.). Исходные материалы: данные массовой таксации – 1765 описаний таксационных выделов. Из них, количество выделов сосновых древостоев – 219, лиственных – 731, кедровых – 478, еловых – 93.

Для тестового участка получены зависимости  $h_o=f(d,A)$  (табл. 1).

Таблица 1

Аналитический вид зависимости высоты дерева от возраста и диаметра

Древесная порода	Уравнение регрессии $h_o=f(d,A)$
Сосна	$h_o=-0.842+1.264*d-0.017*d^2$ , ( $n=219$ , $R=0.872$ , $R^2=0.761$ )
Лиственница	$h_o=1.387+0.020*A+1.037*d-0.013*d^2$ , ( $n=731$ , $R=0.775$ , $R^2=0.601$ )
Кедр	$h_o=5.106+0.708*d-0.007*d^2$ , ( $n=478$ , $R=0.518$ , $R^2=0.268$ )
Ель	$h_o=0.431+1.188*d-0.014*d^2$ , ( $n=93$ , $R=0.946$ , $R^2=0.895$ )

Примечание:  $n$  – количество наблюдений (выделов),  $R$  – коэффициент множественной корреляции,  $R^2$  – коэффициент детерминации

На основе уравнений  $h_o=f(d,A)$  рассчитаны значения  $S=h/h_o$  и внесены в дополнительное поле атрибутивной таблицы таксационных выделов. Далее последовательно получены показатели лесорастительных условий  $S_i$  и  $S_o$  (табл. 2). Показатель  $S_i$  относится к одному наименованию почвы для  $i$  – той древесной породы. Соответственно оценка плодородия почв (и картирование) на основе  $S_i$  возможна только для таксационных выделов  $i$  – той древесной породы. Показатель  $S_o$  привязан к типу почвы. Соответственно оценка плодородия почв (и кар-

тирование) на основе  $S_o$  уже возможно по наименованию почвы, т. е. для всех таксационных выделов, включая выдела лиственных древостоев (березняки и осинники), а также выдела погибших насаждений, вырубки.

Таблица 2

Распределение  $S_i$  и  $S_o$  по наименованиям почв

Название почв	Древесная порода												$S_o$
	Сосна			Лиственница			Кедр			Ель			
	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	
Перегнойная, иловато-глеевая, легкосуглинистая, влажная				4	3.25	1.05	2	4.00	1.10	35	3.71	1.00	1.01
Дерново-слабоподзолистая, легкосуглинистая, свежая	69	3.48	1.00	345	3.03	1.00	74	4.03	1.00	3	4.33	0.96	1.00
Перегнойная, подзолисто-глеевая, легкосуглинистая, влажная										6	4.67	0.99	0.99
Слабоподзолистая, легкосуглинистая, влажная	1	3.00	1.03	4	3.00	1.04	339	4.13	1.00	13	4.92	1.00	1.00
Слабоподзоленная, легкосуглинистая, сырая				1	4.00	0.88	10	4.30	0.95	1	5.00	0.92	0.94
Торфянисто подзолисто-глеевая, легкосуглинистая, влажная				34	3.66	0.94	1	5.00	0.83	10	5.00	0.98	0.95
Торфянисто-глеевая, легкосуглинистая, сырая										8	5.00	1.01	1.01
Торфянисто-глеевая, легкосуглинистая, влажная										9	5.00	1.00	1.00
Торфянисто-глеевая, среднесуглинистая, сырая										2	5.00	1.05	1.05
Торфянисто-глеевая, среднесуглинистая, влажная										6	5.00	1.05	1.05
Оподзоленная, легкосуглинистая, свежая							13	3.62	1.05				1.05
Оподзоленная, легкосуглинистая, влажная							3	3.67	1.07				1.07
Дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая, свежая	136	3.55	1.01	312	3.03	1.00	3	4.00	1.04				1.00
Торфянистая, легкосуглинистая, сырая							4	4.00	0.99				0.99
Дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая, влажная				4	3.25	0.95	3	4.33	0.97				0.96
Слабоподзоленная, легкосуглинистая, свежая							10	4.40	0.98				0.98

Название почв	Древесная порода												$S_o$
	Сосна			Лиственница			Кедр			Ель			
	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	$n$	$B_{cp}$	$S_i$	
Торфянистая, легкосуглинистая, влажная							11	4.64	0.89				0.89
Дерново-слабоподзоленная, легкосуглинистая, влажная				7	3.86	0.91	5	4.80	0.90				0.91
Дерново-оподзоленная, легкосуглинистая, влажная				18	2.94	1.03							1.03
Торфяно-подзолисто-глеевая, легкосуглинистая, сырая				1	4.00	0.91							0.91
Торфяно-перегнойно-глеевая, легкосуглинистая, влажная				1	4.00	0.96							0.96
Дерново-черноземовидная, легкосуглинистая, свежая	2	3.00	1.05										1.05
Дерново-слабоподзолистая, супесчаная, свежая	2	4.50	0.90										0.90
Дерново-слабоподзолистая, супесчаная, сухая	7	4.86	0.89										0.89
Мелкоземная, каменистая, среднесуглинистая, сухая	2	5.00	0.80										0.80

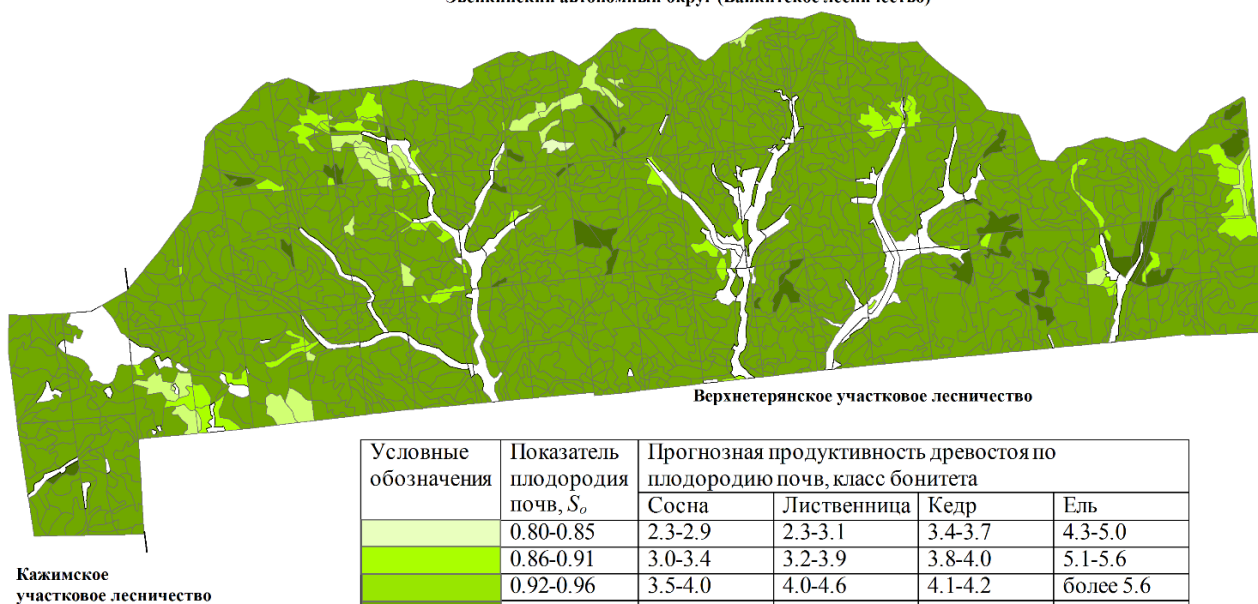
Условные обозначения:  $B_{cp}$  – средний класс бонитета;  $S_i$  – среднее значение отношения  $h/h_o$  для древесной породы;  $S_o$  – общее для древесных пород средневзвешенное значение отношения  $h/h_o$

Аналитический вид уравнений  $B_s=f(S)$  получен по данным классов бонитета древостоев и показателям условий произрастания  $S_o$  (табл. 3). В атрибутивную таблицу таксационных выделов внесены расчетные значения  $B_s$  для сосны, лиственницы кедр и ели, на основе которых проведено картографирование потенциальной продуктивности древесных пород (рисунок).

Таблица 3

Аналитический вид уравнений  $B_s=f(S)$ 

Древесная порода	Уравнение регрессии
Сосна	$B_s = -13.764 - 31.597 * S^2 + 48.890 * S$ , ( $n=219, R=0.513, R^2=0.263$ )
Лиственница	$B_s = 50.597 - 87.021 * S + 39.459 * S^2$ , ( $n=731, R=0.412, R^2=0.170$ )
Кедр	$B_s = -10.202 - 21.751 * S^2 + 36.063 * S$ , ( $n=478, R=0.321, R^2=0.103$ )
Ель	$B_s = 240.110 - 467.974 * S + 232.201 * S^2$ , ( $n=93, R=0.378, R^2=0.143$ )



Условные обозначения	Показатель плодородия почв, $S_0$	Прогнозная продуктивность древостоев по плодородию почв, класс бонитета			
		Сосна	Лиственница	Кедр	Ель
	0.80-0.85	2.3-2.9	2.3-3.1	3.4-3.7	4.3-5.0
	0.86-0.91	3.0-3.4	3.2-3.9	3.8-4.0	5.1-5.6
	0.92-0.96	3.5-4.0	4.0-4.6	4.1-4.2	более 5.6
	0.97-1.02	4.1-4.6	4.7-5.4	4.3-4.5	
	1.03-1.07	4.7-5.2	5.5-6.2	4.6-4.8	

Плодородие лесных почв  $S_0$  и потенциальная продуктивность древостоев тестового участка  $B_s$ . Масштаб 1:150 000

Рассматриваемая методика оценки плодородия лесных почв по связям с таксационными показателями древостоев основана на использовании данных лесоустройства и не требует дополнительных трудоемких полевых исследований. Методику отличает конструктивная простота и минимизация трудозатрат при формировании оценочных показателей плодородия почв. В качестве ограничения применимости методики следует отметить условие принадлежности обследуемой территории одному лесорастительному округу, в пределах которого наблюдается характерный набор типов почв.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зеликов В. Д. Почвоведение: учебник для техникумов. -М.: Лесн. пром-сть, 1981. -216 с.
2. Ершов Ю. И. Теоретические проблемы лесного почвообразования. -Новосибирск: Наука, 2015. – 319 с.
3. Фарбер С. К. Лесные измерения по среднемасштабным аэроснимкам. – Красноярск: изд-во СО РАН, 1997 – 106 с.

©. С. К. Фарбер, Н. С. Кузьмик, 2019