

УДК 631.474

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ В ТИПИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ\*

И.А.Дубровина, кандидат сельскохозяйственных наук

Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, Петрозаводск  
E-mail: vorgo@mail.ru

*Для зональных и азональных автоморфных почв и почв гидроморфного ряда рассчитаны почвенно-экологические индексы. Исследования проведены на трех ключевых участках в Южной Карелии. Показано, что в условиях гумидного климата Нечерноземной зоны РФ почвенно-экологические индексы хорошо отражают лимитирующие факторы плодородия – дефицит теплообеспеченности, избыточное увлажнение и низкие запасы органического вещества.*

## VARIABILITY OF SOIL-ECOLOGICAL INDEXES IN TYPICAL AGROLANDSCAPES OF SOUTH KARELIA

Dubrovina I.A.

*Soil-ecological indexes for zonal and azonal automorphic soils and hydromorphic soils were calculated. The investigations were carried on three key parcels in South Karelia. Soil-ecological indexes clearly reflect the limiting factors of fertility in humid climate of Nonchernozem zone – insufficient heat, excess moistening and low stocks of organic matter.*

**Ключевые слова:** почвенно-экологический индекс, агроэкологическая оценка почв, Южная Карелия, Нечерноземная зона, плодородие почв

**Key words:** soil-ecological index, agro-ecological evaluation of soils, South Karelia, Nonchernozem zone, soil fertility

Современная природоохранная ориентация природопользования в области земледелия предусматривает экологическую направленность землепользования, необходимость максимально возможного приближения агроландшафта к естественно-природным аналогам при сохранении достаточно высокой продуктивности сельскохозяйственного производства. Решение этих задач предлагает концепция адаптивно-ландшафтного земледелия, которая обеспечивает основные принципы не только экономически эффективного, но и экологически целесообразного использования земельных ресурсов [1]. Успешное применение адаптивно-ландшафтных систем земледелия обусловлено знанием природных условий конкретных территорий, включая качественную характеристику почв и оценку уровня их агроэкологического потенциала. В целом производственный потенциал земель и их продуктивное использование зависят не только от свойств почв, но и будучи производным природного комплекса – от составляющих его компонентов, таких как климат, рельеф, литологические и гидрологические условия. В связи с этим в агроэкологической оценке используют почвенно-экологический индекс (ПЭИ) как интегральный показатель продуктивности почвы [2, 3].

ПЭИ относится к мультипликативным (умножающим) индексам, широко применяемым в мировой практике оценки земель. В отличие от аддитивных (суммирующих) систем оценки мультипликативные индексы позволяют в полной мере выявлять влияние наилучших факторов, ограничивающих качество зем-

ли в целом. Наиболее известны PI (Productivity Index) [4], CI (Capability Index) [5], SIR (Storie Index Rating) [6]. В индексе ПЭИ по сравнению с зарубежными аналогами усилена почвенная составляющая и добавлен климатический показатель, что значительно повышает эффективность оценки агроэкологического потенциала земель. Земледельческая территория России относится в основном к ареалу пониженной биологической активности, а в Нечерноземье ее Европейской части урожайность сельскохозяйственных культур на 10-30 % зависит от погодных условий. Также для Нечерноземной зоны характерен сложный моренный холмисто-грядовый рельеф, где небольшие участки пашни и лугов чередуются с таежной растительностью и заболоченными территориями. Поэтому для таких условий особенно важен комплексный подход к оценке почвенного плодородия, позволяющий при наименьших затратах целенаправленно повышать плодородие почв каждого конкретного земельного участка хозяйств.

Целью настоящей работы был анализ вариабельности показателей почвенно-экологического индекса для зональных и азональных автоморфных почв и геоморфологически сопряженных почв гидроморфного ряда, традиционно используемых для сельскохозяйственного производства в Карелии. Исследования проведены в различных агроклиматических районах республики, что позволило проанализировать влияние почвенной и климатической составляющей на значение почвенно-экологического индекса.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-04-098827 p\_север\_a) и бюджетной темы № 0221-2014-0009.

**Методика.** Исследования проводили на 3 ключевых участках, расположенных в пределах средне-таежной подзоны Карелии. Землепользование Турханваара (Суоярвский район) находится в северной оконечности озера Суоярви в Центральном агроклиматическом районе. Климат территории характеризуется умеренно холодной зимой, сравнительно теплым вегетационным периодом с повышенным количеством осадков (600-650 мм в год). Безморозный период составляет 100-110 дней, сумма эффективных температур – 1200-1400 °С. Для территории характерен холмистый озерно-ледниковый тип рельефа. Почвообразующие породы – моренные пески и супеси и озерно-ледниковые отложения. Почвенный покров неоднородный, дерново-подзолистые почвы преобладают на холмообразных повышениях и склонах, в понижениях – болотные почвы различной мощности, большей частью осушенные.

Землепользование Корзинская низина (Пряжинский район) представляет собой западный сектор Шуйской аккумулятивной озерно-ледниковой впадины, ограниченной с севера южным всхолмленным побережьем Сязозера, с запада – высоким озем. Расположена в Южном озерном агроклиматическом районе. Характеризуется мягкой непродолжительной зимой и достаточно длительным вегетационным периодом при избыточном увлажнении (650-700 мм в год). Безморозный период составляет 105-115 дней, сумма эффективных температур – 1400-1450 °С. Основными подстилающими породами служат озерно-ледниковые ленточные глины. В северо-западной части низины, прилегающей к участкам расчлененного рельефа в виде озювых и камювых холмов и моренных гряд, подстилающие породы – легкие по гранулометрическому составу песчаные и супесчаные моренные и флювиогляциальные отложения. На возвышенных формах рельефа преобладают подзолистые почвы с признаками гумусово-аккумулятивного (дернового) процесса, под вторичными ценозами – часто дерново-подзолистые. Низина представлена торфяными почвами различной торфности и мощности. В микропонижениях почвы – торфянисто-подзолисто-глеювые с разной степенью заторфованности и оглеения.

Остров Большой Климецкий (Медвежьегорский район) расположен в Онежском озере в Приозерном агроклиматическом районе. Климат территории наиболее благоприятен, характеризуется короткой мягкой зимой, достаточно продолжительным летом при значительном количестве осадков и слабом их испарении (550-600 мм в год). Безморозный период составляет 115-160 дней, сумма эффективных температур – около 1500 °С. Для территории характерен денудационно-тектонический холмисто-грядювый тип рельефа. Вершины холмов и гряд сложены моренными отложениями, понижения выстланы ленточными глинами, перекрытыи сверху безвалунными озерными песками и супесями. На повышенных

участках распространены дерново-подзолистые и дерновые шунгитювые почвы и буроземы, много каменистых разновидностей. Понижения заняты торфянисто-подзолисто-глеювыми и болотными почвами [7, 8]. В настоящее время основные массивы пахотных почв находятся в залежи. Большая часть изученных землепользований используют как сенокос.

Полевые исследования проводили по топографическим и почвенным картам территорий. Были составлены уточненные списки почвенных разностей, согласно номенклатуре классификации почв России [9], сгруппированы по их положению в рельефе. Расчет почвенно-экологического индекса проводили по основной формуле:

$$ПЭИ = 12,5(2 - V)П \cdot Дс \cdot \{ \Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}(КУ - P) / (КК + 100) \} \cdot А,$$

где V – плотность (объемная масса) почвы в среднем для метрового слоя; (2 - V) – максимально возможная плотность почв при их предельном уплотнении, г/см<sup>3</sup>; П – “полезный” объем почвы в метровом слое; Дс – дополнительно учитываемые свойства почв;  $\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}$  – среднегодовая сумма температур более 10 °С; КУ – коэффициент увлажнения (P – поправка к этому коэффициенту); КК – коэффициент континентальности; А – итоговый агрохимический показатель.

$$КК = 360(t^{\circ}_{max} - t^{\circ}_{min}) / \varphi + 10,$$

где  $t^{\circ}_{max}$ ,  $t^{\circ}_{min}$  – среднемесячная температура самого теплого и самого холодного месяца;  $\varphi$  – широта местности.

Величину 12,5 вводят в формулу, чтобы привести определенную совокупность экологических условий к 100 единицам ПЭИ. Почвенные показатели ПЭИ рассчитывали по коэффициентам, согласно руководству [10]; коэффициент на полезный объем почвы П – согласно гранулометрическому составу почв; коэффициент Дс в нашем случае отражает степень гидроморфизма, степень смытости и каменистости; климатическую составляющую ПЭИ – по индексам и опубликованным данным.

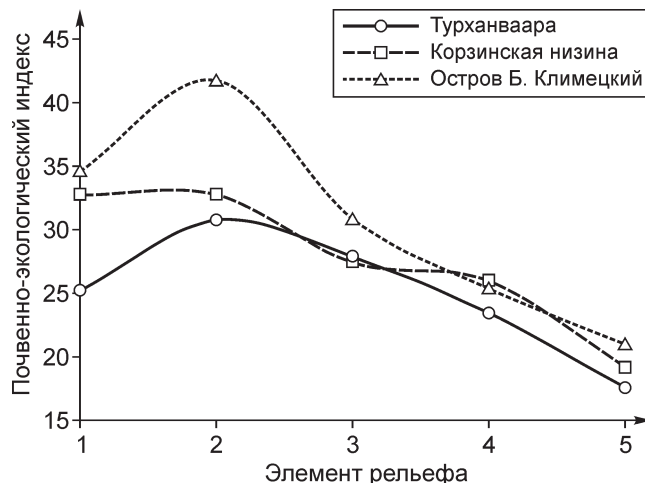
Агрохимический показатель рассчитывают для угодья в целом, в зависимости от соотношения площадей с различным содержанием элементов питания растений. Ввиду того, что этот показатель отражает скорее культуру и уровень агротехники, а не агроэкологический потенциал почв и изменяется во времени при применении удобрений и известкования, он принят за единицу.

**Результаты и обсуждение.** Полевые исследования выявили, что строение старопахотных почв не соответствует диагностике дерново-подзолистых почв и их полугидроморфных аналогов. Ранее они описаны как подзолистые пахотные [11], в классификации 2004 г. основная масса этих почв диагностирована

как агроземы альфегумусовые или агроземы светлые в зависимости от гранулометрического состава. Иногда встречаются агродерново-элювоземы на мощных двучленных наносах. Для комплекса этих почв множитель (2 – V) использован как для дерново-подзолистых почв. На территории острова Б. Климецкий распространены специфические азональные почвы (буроземы, дерновые шунгитовые), которые формируются на элюво-делювии основных и ультраосновных пород. Буроземы имеют бурую окраску профиля за счет выветривания и ожелезнения на месте минеральной основы, кислую реакцию (рН 3,2-5,2), высокое содержание органического вещества в верхнем горизонте (гумус 5-8 %) [8]. В новой классификации им соответствуют ржавоземы в отделе железисто-метаморфических почв. Дерновые шунгитовые литогенные почвы формируются на продуктах выветривания углистых сланцев (шунгит), имеют характерную черную окраску профиля, слабокислую реакцию (рН 6,0-6,5), значительное содержание основных элементов питания (гумус 4-7 % в верхнем горизонте) и богатый микроэлементный состав [12]. Эти почвы были диагностированы как серогумусовые в отделе органо-аккумулятивных почв. Множитель (2 – V) для этих почв использован соответственно как для подзолисто-бурых и дерново-карбонатных, наиболее соответствующий их генезису. Торфяные почвы с небольшой мощностью торфяной залежи идентифицированы как агроземы торфяные, агроторфяно-глеоземы, агроторфяно-подзолы глеевые. При мощности торфяной залежи более 50 см почвы отнесены в отдел органогенные (торфяные эутрофные и торфоземы).

Все ключевые участки находятся в различных агроклиматических районах, что позволило дифференцировать влияние почвенной и климатической составляющей ПЭИ. Так по сравнению с максимальным итоговым климатическим показателем (ИКП) на острове Б. Климецкий он снижен на 8,7 % на Корзинской низине и на 16,3 % в Турханвааре. На рисунке показаны средневзвешенные значения ПЭИ для различных элементов рельефа. Для всех участков максимальный ПЭИ характерен для средней части склона. Меньшие его значения отмечены на водоразделе, что объясняется наличием смытых почв (Турханваара) и почв легкого гранулометрического состава в данной позиции. Значения ПЭИ у подножия склона также уменьшены из-за влияния в основном глееватости, легкого или тяжелого гранулометрического состава. Значения ПЭИ для плоскоравнинных пониженных участков практически одинаковы для всех участков, то есть значение климатической составляющей ПЭИ нивелируется с возрастанием гидроморфизма почв. Так как коренные мелиорации меняют значения ПЭИ, для понижений и впадин их брали как для неосушенных почв, и они были самые низкие.

В целом для почв Карелии характерно невысокое естественное плодородие [11], что подтверждается



Средневзвешенные значения почвенно-экологических индексов для различных элементов рельефа: 1 – водораздел, верхняя часть склона; 2 – средняя часть склона; 3 – подножие склона; 4 – плоскоравнинные пониженные участки; 5 – понижения, впадины.

показателями ПЭИ (табл. 1, 2). Если учитывать не климатический показатель, а только почвенную составляющую ПЭИ, то большая часть изученных почв имеют значения ПЭИ как у дерново-подзолистых почв с низким агрохимическим показателем [3]. Исключение составляют серогумусовые темнопрофильные и их слабокаменистые разновидности, почвы с высоким природным плодородием [12], которые имеют значения ПЭИ на уровне дерново-подзолистых почв со средним агрохимическим показателем. В целом по трем участкам значения ПЭИ характеризуются большим разбросом: 13,92-51,63 для минеральных и 19,17-46,01 для торфяных почв. Анализ почвенной составляющей ПЭИ (табл. 1) показывает, что наименьшие значения индекса приурочены к смытым разностям (агрообраземы) и глеевым подтипам агроземов светлых и текстурно-дифференцированных тяжелого гранулометрического состава (ИПП – индекс плодородия почвы < 0,30). Затем следуют агроземы альфегумусовые легкого гранулометрического состава, их гидроморфные аналоги, а также агроземы светлые и текстурно-дифференцированные глеевые и их среднекаменистые и смытые разновидности (ИПП – 0,30-0,35). ИПП 0,36-0,40 имеют агроземы альфегумусовые и агроземы светлые среднего гранулометрического состава, глееватые и средне- и слабокаменистые, а также ржавоземы и серогумусовые легкого гранулометрического состава и сильнокаменистые. В диапазон ИПП 0,42-0,48 входит основной массив автоморфных супесчаных и легкосуглинистых почв без понижающих коэффициентов, также в нем представлены ржавоземы и серогумусовые слабо- и среднекаменистые. Самый высокий ИПП > 0,5 выявлен у серогумусовых супесчаных и легкосуглинистых почв.

Для торфяных почв ПЭИ зависит от наличия осушительных мелиораций и его рассчитывали по коэф-

Табл. 1. Почвенно-экологический индекс для минеральных почв

Почвенная разность	Гранулометрический состав	ИКП	ИПП	ПЭИ
<b>Турханваара</b>				
Агрообразем альфегумусовый	Супесь		0,19	13,92
Агрозем альфегумусовый абрадируванный	»		0,34	24,91
Агрозем альфегумусовый	Песок		0,35	25,64
Агрозем альфегумусовый	Супесь		0,42	30,77
Агродерново-подзол	»		0,42	30,77
Агрозем альфегумусовый стратифицированный	»	5,86	0,42	30,77
Агрозем альфегумусовый глееватый	»		0,38	27,84
Агрозем альфегумусовый глееватый стратифицированный	»		0,38	27,84
Агрозем альфегумусовый глееватый	Песок		0,34	24,91
Агрозем альфегумусовый глеевый	»		0,32	23,44
Агрозем альфегумусовый глеевый	Супесь		0,34	24,91
Агрозем светлый глеевый	Тяжелый суглинок		0,22	16,12
<b>Корзинская низина</b>				
Агрозем альфегумусовый	Песок		0,35	27,96
Агрозем альфегумусовый	Супесь		0,42	33,55
Агрозем светлый	Песок		0,35	27,96
Агрозем светлый	Супесь		0,42	33,55
Агрозем светлый	Легкий суглинок		0,46	36,75
Агродерново-элювозем	» »	6,39	0,46	36,75
Агрозем светлый глееватый	» »		0,37	29,56
Агрозем светлый глееватый	Средний суглинок		0,36	28,76
Агрозем светлый глееватый	Тяжелый суглинок		0,28	22,37
Агродерново-элювозем глеевый	Легкий суглинок		0,30	23,96
Агрозем текстурно-дифференцированный глеевый	Средний суглинок		0,29	23,17
<b>Остров Б. Климецкий</b>				
Агрозем альфегумусовый слабоскелетный	Супесь		0,40	35,00
Агрозем светлый среднескелетный	Легкий суглинок		0,39	34,13
Агрозем светлый	» »		0,46	40,25
Ржавозем	Супесь		0,46	40,25
Ржавозем слабоскелетный	»		0,44	38,50
Ржавозем среднескелетный	»		0,39	34,13
Серогумусовая темнопрофильная сильноскелетная	Песок		0,36	31,50
Серогумусовая темнопрофильная	Супесь		0,57	49,88
Серогумусовая темнопрофильная слабоскелетная	»	7,00	0,54	47,25
Серогумусовая темнопрофильная среднескелетная	»		0,48	42,00
Серогумусовая темнопрофильная слабоскелетная	Легкий суглинок		0,59	51,63
Агрозем альфегумусовый глееватый	Супесь		0,38	33,25
Агрозем светлый глееватый слабоскелетный	Легкий суглинок		0,35	30,63
Агрозем светлый глееватый среднескелетный	» »		0,32	28,00
Агрозем светлый глееватый	Средний суглинок		0,36	31,50
Агрозем светлый глеевый	» »		0,29	25,38

фициентам для болотных низинных почв. В среднем значения ПЭИ для комплекса торфяных почв значительно ниже, чем для почв минеральных (табл. 2). Так, значения ПЭИ для осушенных разностей торфяных почв составили 26,37-28,76, для неосушенных – 19,17-25,9, что соответствует значениям ПЭИ минеральных почв гидроморфного ряда. Максимальные значения ПЭИ характерны для перегнойных и аллювиальных разновидностей торфяных почв, которые обладают высоким потенциальным плодородием.

Анализ значений ПЭИ, рассчитанных для типичных агроландшафтов Южной Карелии, выявил, что климатическая составляющая значительно влияет на итоговые показатели. Наибольшие значения ПЭИ на всех изученных участках отмечены у почв средней части склона, чуть ниже они для водоразделов. Наблюдается резкое снижение значений ПЭИ с возрастанием гидроморфизма. Почвенная составляющая ПЭИ зависит в первую очередь от генезиса почв. Максимальные ее показатели характерны для азональных

Табл. 2. Почвенно-экологический индекс для торфяных почв

Почвенная разность	Осушение	ИКП	ИПП	ПЭИ
<b>Турханваара</b>				
Агрозем торфяной окислено-глеевый	Да		4,5	26,37
Торфяная эуτροφная маломощная	»		4,5	26,37
Торфяная эуτροφная среднemoshная	»	5,86	4,5	26,37
Торфяная эуτροφная мощная	»		4,5	26,37
Перегнойно-торфяная эуτροφная мощная	»		7,2	42,19
<b>Корзинская низина</b>				
Агрозем торфяной окислено-глеевый	Да		4,5	28,76
Агроминерально-торфяно-глеезем	»		4,5	28,76
Агроторфяно-подзол окислено-глеевый	»		4,5	28,76
Торфозем агроминеральный окислено-глеевый	»		4,5	28,76
Торфяная эуτροφная маломощная	»		4,5	28,76
Торфяная эуτροφная среднemoshная	»		4,5	28,76
Торфяная эуτροφная мощная	»	6,39	4,5	28,76
Перегнойно-торфяная эуτροφная маломощная	»		7,2	46,01
Торфозем окислено-глеевый мощный	»		4,5	28,76
Агрозем торфяной окислено-глеевый	Нет		3,0	19,17
Агрозем торфяно-минеральный окислено-глеевый	»		3,0	19,17
Агроминерально-торфяно-глеезем окисленный	»		3,0	19,17
Торфяно-глеезем	»		3,0	19,17
<b>Остров Б. Климецкий</b>				
Агрозем торфяной окислено-глеевый	Нет		3,0	21,00
Перегнойно-торфяная эуτροφная маломощная	»	7,00	3,7	25,90
Аллювиальная торфяно-глеевая	»		4,8	33,60

почв с высоким природным плодородием, сформированных на шунгитовых сланцах. Затем идут почвы с потенциально высоким плодородием (перегнойные и аллювиальные разновидности торфяных). В ряду зональных почв важный фактор ПЭИ – гранулометрический состав и наличие понижающих коэффициентов. При одинаковых условиях увлажнения более высокие значения ПЭИ характерны для почв суглинистого и легкосуглинистого гранулометрического состава, а низкие – для почв смытых и глеевых разновидностей тяжелого гранулометрического состава.

Таким образом, в условиях гумидного климата Нечерноземной зоны почвенно-экологические индексы хорошо отражают лимитирующие факторы плодородия – дефицит теплообеспеченности, избыточное увлажнение и низкие запасы органического вещества.

**Литература.** 1. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с. 2. Карманов И.И. Научные основы

и методика расчета цен на почву и земельные участки // Вестн. с.-х. науки. – 1989. – № 3. – С. 3-9. 3. Савич В.И., Амергужин Х.А., Карманов И.И., Булгаков Д.С., Федорин Ю.В., Карманова Л.А. Оценка почв. – Астана, 2003. – 544 с. 4. Riquier J., Bramaio L., Cornet, J.P. A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity. Soil Resources, Development and Conservation Service. Rome: FAO, 1970. – 76 p. 5. Sys C., Verheye W. Principles of land classification in arid and semi-arid regions. Ghent: ITC State Univ., 1975. – 42 p. 6. Storie R.E. Storie Index Soil Rating. Division of Agricultural Science, University of California, 1978. – 4 p. 7. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 115 с. 8. Морозова Р.М. Лесные почвы Карелии. – Л.: Наука, 1991. – 184 с. 9. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с. 10. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – 304 с. 11. Морозова Р.М., Володин А.М., Федорченко М.В., Володина Г.Ф., Нестеренко И.М. Почвы Карелии. Справочное пособие. – Петрозаводск: Карелия, 1981. – 192 с. 12. Иванова Е.Н. Классификация почв СССР. – М.: Наука, 1976. – 227 с.

Поступила в редакцию 17.11.14