

7. Dylis N.V. Listvennitsa Vostochnoy Sibiri i Dalnego Vostoka. – M.: izd-vo AN SSSR, 1961. – 210 s.
 8. Kryudener A.A. Osnovy klassifikatsii tipov nasazhdeniy. – Petrograd: tipogr. Glavn. Upravl. Udelov, 1917. – 318 s.
 9. OST 56-69-83. Probnye ploshchadi lesoustroitelnye. Metody zakladki. – M., 1983. – 59 s.
 10. Merzlenko M.D., Melnik P.G. Itog tridtsati vegetatsiy v geograficheskikh kulturakh eli Sergievo-Posadskogo opytnogo leskhoza // Nauchnye trudy Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. – Vyp. 274. – M.: MGUL, 1995. – S. 64-77.
 11. Melnik P.G., Karasev N.N. Geograficheskaya izmenchivost listvennitsy v faze prispevaniya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik. – 2012. – № 1 (84). – S. 60-74.
 12. Melnik P.G., Merzlenko M.D., Lobova S.L. Rezultat vyrashchivaniya klimatipov listvennitsy v geograficheskikh kultu-

rakh severo-vostochnogo Podmoskovya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 2 (136). – S. 62-67.
 13. Dylis N.V. Sibirskaya listvennitsa. – M.: izd-vo MOIP, 1947. – 132 s.
 14. Nadezhdin V.V. Listvennitsa amurskaya v kulturakh Podmoskovya // Lesovedenie. – 1983. – № 2. – S. 42-49.
 15. Merzlenko M.D., Babich N.A. Teoriya i praktika iskusstvennogo lesovosstanovleniya. – Arkhangel'sk: SAFU, 2011. – 239 s.
 16. Gukov G.V. Rekomendatsii po vedeniyu khozyaystva v listvennichnykh lesakh Sikhote-Alinya. – Vladivostok: Primorskiy s.-kh. in-t, 1976. – 301 s.
 17. Timofeev V.P. Lesnye kultury listvennitsy. – M.: Lesnaya promyshlennost, 1977. – 216 s.



УДК 630*165.3

Л.И. Кальченко, Т.А. Карасева
 L.I. Kalchenko, T.A. Karaseva

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФЕНЕТИКИ ПРИ АНАЛИЗЕ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ
 СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ИХ ВЕГЕТАТИВНОГО ПОТОМСТВА
 В УСЛОВИЯХ ПРИОБСКИХ БОРОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**THE USE OF PHENETICS METHODS WHEN ANALYZING SCOTS PINE PLUS TREES
 AND THEIR VEGETATIVE PROGENY IN THE OB RIVER AREA PINE FORESTS OF THE ALTAI REGION**

Ключевые слова: лесное семеноводство, плюсовые деревья, лесосеменные объекты, фены окраски семян, методы фенетики.

Применение методов фенетики при анализе плюсовых деревьев сосны обыкновенной и их вегетативного потомства в приобских борах Алтайского края с целью поэтапной паспортизации деревьев сокращает затраты на ее проведение. При апробации подхода, осуществленного на 3 клоновых плантациях сосны, выявлено, что доля ошибочно маркированных привоев – 2,0-12,6%. Между обследованными плантациями обнаружены достоверные различия в частоте фена третьего окрасочного слоя семян. Анализ плюсовых деревьев и их клонов необходимо продолжать с целью детализации каждого клонового объекта.

Keywords: forestry seed production, plus trees, seed production areas, seed stain phene, phenetics methods.

The application of phenetics methods when analyzing Scots pine plus trees and their vegetative progeny in the Ob River area pine forests of the Altai Region with the purpose of staged tree classification reduces classification costs. When the approach was tested in three pine clone plantings, it was found that the percentage of incorrectly marked grafts amounted to 2.0-12.6%. In the studied plantings, statistically significant differences in phene frequency of the third stain layer of seeds was found. The analysis of plus trees and their clones should be continued to specify each clone object.

Кальченко Людмила Ивановна, к.с.-х.н., нач. отдела, Филиал ФБУ «Рослесозащита» «Центр защиты леса Алтайского края», г. Барнаул. Тел.: (3852) 35-32-63. E-mail: altay-iss@yandex.ru.

Карасева Татьяна Алексеевна, к.б.н., ст. преп., каф. лесного хозяйства, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 68-35-54. E-mail: agaukafles@mail.ru.

Kalchenko Lyudmila Ivanovna, Cand. Agr. Sci., Head of Division, Altai Center for Forest Protection – Branch, Russian Center for Forest Protection, Barnaul. Ph.: (3852) 35-32-63. E-mail: altay-iss@yandex.ru.

Karaseva Tatyana Alekseyevna, Cand. Bio. Sci., Asst. Prof., Chair of Forestry, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 68-35-54. E-mail: agaukafles@mail.ru.

Введение

Первоочередной задачей лесного семеноводства является организация лесосеменной базы (ЛСБ) и в дальнейшем – единого генетико-селекционного ком-

плекса (ЕГСК) на селекционно-генетической основе для создания высокопродуктивных и устойчивых лесов будущего. При организации комплекса выделяют, в первую очередь, селекционно-семеноводческий

объект – плюсовые деревья, с использованием семенного и вегетативного потомства которых создаются объекты – архивы клонов, лесосеменные и маточные плантации, испытательные и географические культуры и др.

Плюсовые деревья (плюс-деревья) – деревья, значительно превосходящие по одному или комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств окружающие деревья одного с ними возраста и фенологической формы, растущие в тех же условиях [1].

Для определения изменчивости морфологических признаков в вегетативном потомстве плюсовых деревьев разработано несколько методов биохимической и молекулярной генетики. Для решения задач лесного селекционного семеноводства в Алтайском крае использовался более простой и менее дорогостоящий метод фенетики. Термины «фен», «фенотип» ввел в 1909 г. известный генетик В. Иогансен. Фен представляет собой «простой», генетически обусловленный признак. Фенотип – это совокупность всех признаков и свойств организма. Фены – это лишь некоторые из признаков и свойств организма, отличающиеся выраженной генетической обусловленностью, фены представляют лишь часть фенотипа. На развитие фенетических исследований большое влияние оказали работы Н.В. Тимофеева-Ресовского и его выдающихся учеников А.В. Яблокова, Н.В. Глотова. Они уточнили определение термина «фен». «Фенами называются любые дискретные альтернативные вариации признаков и свойств живых организмов, которые на всем имеющемся материале далее не подразделимы без потери качества. Фены всегда отражают определенные черты генетической конституции данной особи, а своей частотой – генетическую структуру популяций...» [2].

Важнейшие черты фенов: 1 – дискретность-альтернативность; 2 – генетическая обусловленность. Первая из них обозначает, что фены относятся к качественным признакам и отличаются дискретным (прерывистым) характером распределения. Для оценки качественных признаков можно ограничиться визуальными оценками (окраска микростробилов, семян у сосны, восковой налет на хвое и т.д.). Вторая особенность фенов – их высокая наследственная обусловленность, которая не зависит от возраста деревьев и экологических условий произрастания. У хвойных большая часть фенов относится к качественным признакам генеративных органов. У лиственных пород выделено больше качественных признаков и индексных показателей листа [3].

Цель работы – изучение и применение метода фенетики на объектах ЕГСК сосны приобских боров для повышения эффективности селекции вида в Алтайском крае, поэтапной паспортизации деревьев с сокращением затрат на ее проведение.

Объекты и методы исследований

Исследования проведены на объектах лесного семеноводства в Озерском лесничестве Алтайского края, территория которого расположена в бассейне р. Обь по правому ее берегу протяженностью от г. Барнаула до г. Камня-на-Оби, в северной части Алтайского края в пределах соснового массива верхнего Приобья.

Климат резко континентальный. Лесничество расположено почти в центре огромного Евразийского материка, в удаленности от океанов и морей. Вся территория Среднеобского бора имеет общий уклон к югу, юго-западу и западу (Атлас Алтайского края, 1978).

Рельеф территории внутри лесных массивов состоит из чередования дюнных всхолмлений и понижений северо-восточного направления.

Приобские боры Алтайского края произрастают на песчаных подстилающих породах легкого механического состава и характеризуются подзолистым типом почвообразования с содержанием гумуса около 0,7-1,3%. На территории Озерского лесничества преобладают дерново-подзолистые супесчаные, а также дерновые слабо оподзоленные песчаные почвы – «боровае пески» [4].

В целом почвенно-климатические условия благоприятны для роста сосны обыкновенной и создания лесосеменных объектов, высокобонитетные насаждения составляют 89,5% от общей площади, преобладающие группы типов леса древостоев лесного фонда лесничества: низкоразнотравная, папоротниковая и мшистая.

Все работы по селекционному семеноводству сосны в крае осуществляются с учетом лесосеменного районирования.

Закладка объектов лесного семеноводства в Озерском лесничестве осуществлялась на основании разработанного в 1978 г. технорабочего проекта (табл.).

ЛСП заложены по стандартной технологии: посадкой 3-4-летних привитых саженцев в весенние сроки, по сплошь подготовленной почве, под лопату с размещением 6x8 м (208 шт/га). Основной способ прививки по методике Е.П. Проказина в приклад сердцевинной черенка на камбий подвоя с использованием полиэтиленовой пленки в качестве обвязки.

В соответствии с задачами исследований в работе задействованы объекты лесного семеноводства – клоновые лесосеменные плантации (ЛСП) и архивы клонов (АК) плюс-деревьев сосны Ларичихинского и Бобровского лесничеств.

Плюс-деревья в указанных лесничествах отбирали в наиболее продуктивных приобских массивах сотрудники ЦЛНИИЛГиС, Института леса СО РАН и Алтайской производственной лесосеменной станции. На ЛСП высаживали прививки плюс-деревьев Ларичихинского (19 шт.), Бобровского (2 шт.), Павловского

(3 шт.), Петровского (8 шт.), Чемальского (5 шт.), Озерского (13 шт.) лесхозов. В 2017 г. проводился фенетический анализ по окраске генеративных органов (семян) на прививках ЛСП и АК плюс-деревьев Ларичихинского и Бобровского лесничеств по методике А.И. Видякина [5].

Методика включает 4 этапа: 1 – создание коллекций генеративных органов; 2 – проверка имеющихся классификаций признаков и оценка выделяемых по ним вариаций на соответствие понятию фена; 3 – выявление элементарных признаков, описание и выделение дискретных вариаций; 4 – косвенная оценка генотипической детерминированности отобранных дискретных вариаций.

Установлено, что окраска семян сосны определяется тремя слоями. Первый (внутренний), находящийся на кожуре семени, очень тонкий, равномерный. У одних деревьев он окрашен черным пигментом, у других – коричневым. Второй (средний) слой – толстый, состоит из зернистых структур, которые у всех деревьев окрашены черным пигментом. Однако у семян одних деревьев зерна расположены равномерно, изменяясь на индивидуальном уровне от почти сплошного слоя до отдельных зерен, у семян других деревьев расположены пятнами, на индивидуальном уровне

изменяясь от максимума, когда пятна соприкасаются, образуя ячеистый рисунок, до минимума, когда имеются только одно-два небольших пятна (рис.).

Третий (наружный) окрасочный слой желтовато-белого цвета. У семян одних деревьев он есть, у других – его нет [6].

В результате исследований по окраске семян выделены следующие дискретные вариации: по первому слою – серая и коричневая, по второму – равномерно окрашенная и пятнистая, по третьему – наличие и отсутствие его. На основании этой оценки сделан вывод, что данные дискретные вариации являются генетически жестко детерминированными признаками. Таким образом, все признаки соответствуют понятию фена.

Структура изменчивости фенов окраски семян. Теоретически фены и их комплексы своей частотой способны маркировать ареальные совокупности особей различного объема: отдельных особей, популяций, внутривидовых таксонов и видов. Например, А.И. Видякин [7] установил, что у сосны феном популяционного уровня в Воронежской области является «присутствие-отсутствие 3-го окрасочного слоя семян»; при этом группы родственных популяций маркирует фен «тип развития апофиза (задний или передний)».

Таблица

Наличие объектов лесного семеноводства и сведения о их выделении в лесном фонде Алтайского края (по состоянию на 01.01.2016 г.)

Лесничества	Объекты лесного семеноводства, выделенные в ОЗУ ¹				Объекты лесного семеноводства, невыделенные в ОЗУ							
	+Д ² шт.	+Н ³ га	ПЛСУ ⁴ га	ЛГР ⁵ га	+Д шт.	+Н га	ЛСП ⁶ га	ПЛСУ га	МП ⁷ га	АК ⁸ га	ИК ⁹ га	ЛГР га
1. Алтайское								10,0				
2. Барнаульское					4			2,0	2,0			
3. Бийское					21			15,0				
4. Бобровское			7,0	348,9	25	9,0		38,0				
5. Боровляинское					26			22,0				
6. Волчихинское					53	14,3						638,0
7. Залесовское							8,0				0,67	
8. Каменское					5			5,0				
9. Ключевское					9			5,5				
10. Кулундинское					4		8,0			11		
11. Ларичихинское	33	116,8		1201,3	32	4,2		17,0				225,8
12. Лебяжинское					5			10,0				
13. Новичихинское					20	19,2		10,0				
14. Оз.-Кузнецовское			4,9		13			45,1				
15. Озерское					38	23,0	73,4	15,9	7,5	17,6	1,0	
16. Павловское					35	100,7						
17. Панкрушихинское	33	9,5		589,5	29		30,0					
18. Петровское					11			30,0				
19. Ракитовское					32	6,2		25,0				
20. Ребрихинское					20			5,0				
21. Тягунское					52			17,0			0,7	
22. Ст.-Михайловское					41		3,6	4,9	3,2	7,08	0,29	657,0
Итого	66	126,3	11,9	2139,7	476	176,6	123,0	277,4	12,7	35,6	2,66	1520,8

Примечание. 1 – особо защитные участки; 2 – плюс деревья; 3 – плюс насаждения; 4 – постоянные лесосеменные участки; 5 – лесные генетические резерваты; 6 – лесосеменные плантации; 7 – маточная плантация; 8 – архивы клонов; 9 – испытательные культуры.

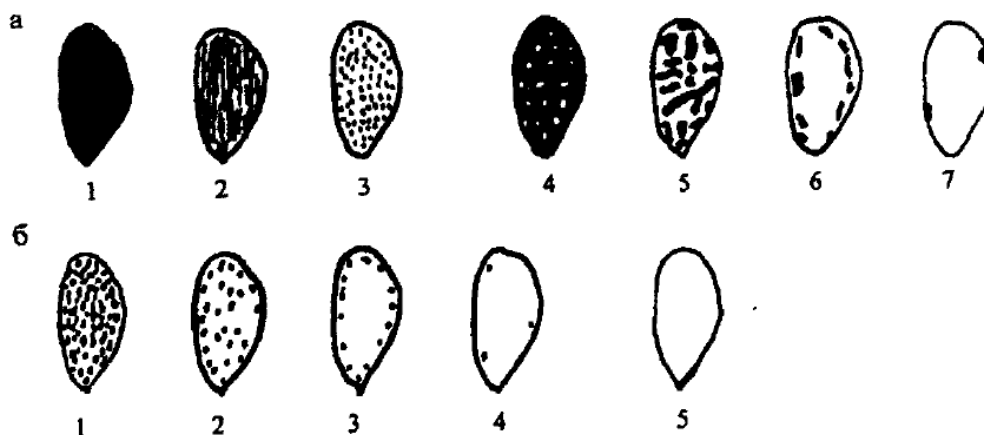


Рис. Изменчивость семян сосны обыкновенной по окраске: а – второго окрасочного слоя: 1-3 – равномерно окрашенные, 4-7 – пятнистые; б – третьего окрасочного слоя 1-4 – семена с наличием слоя, 5 – с отсутствием слоя

С целью получения дополнительных сведений о высокой наследуемости фенотипов были проведены специальные исследования, заключающиеся в анализе соотношения экологического (внутриклонового) и генотипического (межклонового) компонентов изменчивости фенотипов окраски семян плюсовых деревьев и их клонов. Возможно, что подбор большого количества фенотипов существенно упростит и удешевит задачу «генетической паспортизации» деревьев на клоновых плантациях.

Анализ изменчивости фенотипов и «генетически маркерных» количественных показателей у «плюсовых» деревьев из различных популяций подтверждает наличие существенных различий между популяционными комплексами – лесосеменными районами. В то же время внутри лесосеменных районов и подрайонов наблюдаются статистически значимые различия между 40-60% исследуемых популяций. При апробации подхода, осуществленного на 3 клоновых плантациях сосны Озерского лесничества в Алтайском крае при участии преподавателей и студентов кафедры лесного хозяйства АГАУ под руководством Л.И. Кальченко, к.с.-х.н. филиала ФБУ «Рослесозащита» ЦЗЛ Алтайского края, выявлено, что доля ошибочно маркированных привоев 2,0-12,6%. Составлены фенетические паспорта 91 клона.

Из этого следует вывод о необходимости проведения специальных исследований с целью детализации популяционной структуры и лесосеменного районирования сосны в Алтайском крае. Данные исследования абсолютно исключают ошибки в маркировке родословных у деревьев, намечаемых для дальнейших селекционно-генетических исследований, и дают ценную генетическую информацию, которая может быть получена и дополнительно использована в селекционном процессе.

Библиографический список

1. Лесные культуры и защитное лесоразведение: учебник Л506 для студ. вузов / Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко,

Н.А. Бабич, Ю.Н. Данилов; под ред. Г.И. Редько. – М.: Изд-кий центр «Академия», 2008. – С. 20-23.

2. Тараканов В.В., Кальченко Л.И. Поэтапная паспортизация деревьев на клоновых плантациях сосны обыкновенной: использование методов фенетики // Хвойные бореальные зоны. – 2010. – Т. 27. – № 1-2. – С. 87-90.

3. Видякин А.И. Популяционная структура сосны обыкновенной на Востоке европейской части России: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Екатеринбург, 2004. – 48 с.

4. Кальченко Л.И. Анализ изменчивости клонов плюсовых деревьев и естественных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Алтайском крае с использованием методов фенетики: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Йошкар-Ола, 2013. – 18 с.

5. Видякин А.И. Методические рекомендации по выделению фенотипов лесных древесных растений (на примере сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.). – Воронеж: НИИЛГиС, 2004. – 17 с.

6. Тихонова И.В., Тараканов В.В., Тихонова Н.А. и др. Популяционная изменчивость шишек и семян сосны обыкновенной по фенотипам окраски и признакам-индексам на юге Сибири // Сиб. экол. журнал. – 2014. – № 1. – С. 79-86.

7. Видякин А.И. Выделение фенотипов окраски семян сосны обыкновенной // Лесоведение. – 2003. – № 2. – С. 69-73.

References

1. Lesnye kultury i zashchitnoe lesorazvedenie: uchebnik L506 dlya stud. vuzov / G.I. Redko, M.D. Merzlenko, N.A. Babich, Yu.N. Danilov; pod red. G.I. Redko. – M.: Izd-iy tsentr «Akademiya», 2008. – S. 20-23.

2. Tarakanov V.V., Kalchenko L.I. Poetapnaya paspartizatsiya derevev na klonovykh plantatsiyakh sosny obyknovennoy: ispolzovanie metodov fenetiki // Khvoynye borealnye zony. – 2010. – T. 27. – № 1-2. – S. 87-90.

3. Vidyakin A.I. Populyatsionnaya struktura sosny obyknovennoy na Vostoke evropeyskoy chasti Rossii: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – Ekaterinburg, 2004. – 48 s.

4. Kalchenko L.I. Analiz izmenchivosti klonov plyusovykh derevev i estestvennykh nasazhdeniy sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) v Altayskom krae s ispolzovaniem metodov fenetiki: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Yoshkar-Ola, 2013. – 18 s.

5. Vidyakin A.I. Metodicheskie rekomendatsii po vydeleniyu fenov lesnykh drevesnykh rasteniy (na primere sosny obyknovvennoy Pinus sylvestris L.). – Voronezh: NIILGiS, 2004. – 17 s.

6. Tikhonova I.V., Tarakanov V.V., Tikhonova N.A. i dr. Populyatsionnaya izmenchivost shishek i semyan sosny obyknovvennoy po fenam okraski i priznakam-indeksam na yuge Sibiri // Sib. ekol. zhurn. – 2014. – № 1. – S. 79-86.

7. Vidyakin A.I. Vydelenie fenov okraski semyan sosny obyknovvennoy // Lesovedenie. – 2003. – № 2. – S. 69-73.



УДК 332.365

О.Ю. Воронкова, Г.Я. Барышников, Е.А. Ельчищев
O.Yu. Voronkova, G.Ya. Baryshnikov, Ye.A. Yelchishchev

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛОКА КРИТЕРИАЛЬНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ
В ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ
ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**THE FEATURES OF THE APPLICATION OF ENVIRONMENTAL BLOCK OF CRITERIAL LIMITS
IN ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING
OF THE DEVELOPMENT OF ORGANIC AGRICULTURAL PRODUCTION**

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, органическая продукция, органически ориентированное производство, органически применимая залежь, оптимизация землепользования, эффективность производства.

Представлена методика параллельной оптимизации структуры посевных площадей для расчета экономико-математических моделей при традиционной и ориентированной на производство органической продукции системе землепользования, отличающаяся введением дополнительного блока экологических критериальных ограничений: резерв земель, пригодных для производства органической продукции, валовой объем производства органической продукции и затраты на ее производство. На основе предложенной методики рассчитана экономико-математическая модель и доказана эффективность функционирования зонального агроэкокластера «Предгорья Алтая». С учетом полного вовлечения в производственный сельскохозяйственный производственный оборот земель, пригодных для производства органической продукции, уровень рентабельности составил 39,7% против 17,3% при оптимизации струк-

туры посевных площадей при традиционной системе сельскохозяйственного производства.

Keywords: economic and mathematical modeling, organic products, organically oriented production, organically applicable idle land, land use optimization, production efficiency.

This paper presents a method of parallel optimization of a cropping pattern for the calculation of economic-mathematical models under traditional and organically oriented land use system; the method is characterized by the introduction of an additional block of environmental criterial limits: availability of lands suitable for organic production, gross production volume of organic products and the cost of the production. Based on the proposed methodology, the mathematical model was calculated and the effectiveness of the functioning of the zonal agroecocluster "Predgorya Altaya" (Foothills of the Altai Mountains) was proved. Provided full involvement of the lands suitable for organic production, the level of profitability made 39.7% as compared to 17.3% when the cropping pattern was optimized for traditional agricultural production.

Воронкова Ольга Юрьевна, д.э.н., проф., каф. менеджмента, организации бизнеса и инноваций, Алтайский государственный университет. E-mail: bgj@geo.asu.ru.

Барышников Геннадий Яковлевич, д.г.н., проф., зав. каф. природопользования и геоэкологии, Алтайский государственный университет. E-mail: bgj@geo.asu.ru.

Ельчищев Евгений Александрович, к.с.-х.н., руководитель отдела растениеводства, ООО «Мустанг-Сибирь», г. Барнаул. E-mail: bgj@geo.asu.ru.

Voronkova Olga Yuryevna, Dr. Econ. Sci., Prof., Chair of Management, Business and Innovation Organization, Altai State University. Ph.: (3852) 298-193. E-mail: olka2004@yandex.ru.

Baryshnikov Gennadiy Yakovlevich, Dr. Geo. Sci., Prof., Head, Chair of Natural Resources Mgmt. and Geo-Ecology, Altai State University. E-mail: bgj@geo.asu.ru.

Yelchishchev Yevgeniy Aleksandrovich, Cand. Agr. Sci., Head, Dept. of Crop Production, ООО "Mustang-Sibir", Barnaul. E-mail: bgj@geo.asu.ru.

Введение

Основным критерием эффективного землепользования является выход продукции и получение прибыли с единицы площади. В то же время с потребитель-

ской точки зрения наибольший интерес представляет энергетическая ценность произведенной на данной площади сельскохозяйственной продукции и ее экологическая безопасность. Вследствие этого становится