

ing. http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html.

7. Sabater N., Rivera J.P., Tenjo C., Vicent J., Alonso L. Verrelst J., Moreno J. The scientific modules of Flex end-to-end simulator: The science generator and the level-2 retrieval modules. 5th International workshop on remote sensing of vegetation fluorescence, 22-24 April 2014, Paris (France) http://esaconferencebureau.com/Custom/14C04/Papers/Oral%20Presentations/S2_1630_Vicent.pdf

8. Li J., Yin Y., Li P., Li Zh., Li R., Cribb M., Dong Z., Zhang F., Li J., Ren G., Jin L., Li Y. Aircraft measurements of the vertical distribution and activation property of aerosol particles over the Loess Plateau in China // Atmospheric Research. – 2015. – Vol. 155. – P. 73-86.

References

1. Zarco-Tejada P.J., Miller J.R., Mohammed G.H., Noland T.L., Sampson P.H. Estimation of chlorophyll fluorescence under natural illumination from hyperspectral data. Second EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Enschede, 2000. http://quantalab.ias.csic.es/pdf/paper_2ndEARSeL_ImgSpectr.pdf.

2. Rock B.N., Hosnizaki T., Miller J.R. Comparison of in situ and airborne spectral measurements of the blue shift associated with forest decline // Remote Sensing of Environment. – 1988. – Vol. 24. – P. 109-127.

3. Malenovsky Z., Mishra K., Zemek F., Rascher U., Nedbal L. Scientific and technical challenges in remote sensing of plant canopy reflectance and fluorescence // Journal of

Experimental Botany. – 2009. – Vol. 60 (11). – P. 2987-3004.

4. Carter G.A., Jones J.H., Mitchell R.J., Brewer C.H. Detection of solar-excited chlorophyll a fluorescence and leaf photosynthetic capacity using a Fraunhofer line radiometer // Remote Sensing of Environment. – 1996. – Vol. 55. – P. 89-92.

5. Zarco-Tejada P.J., Miller J.R., Mohammed G.H., Noland T.L., Sampson P.H. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance: II. Laboratory and airborne canopy-level measurements with hyperspectral data // Remote Sensing of Environment. – 2000. – Vol. 74 (3). – P. 596-608.

6. Vicent J., Sabater N., Tenjo C., Ramon J.A., Manzano M., et al. FLEX end-to-end mission performance simulator. IEEE transactions on geosciences and remote sensing. http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html.

7. Sabater N., Rivera J.P., Tenjo C., Vicent J., Alonso L. Verrelst J., Moreno J. The scientific modules of Flex end-to-end simulator: The science generator and the level-2 retrieval modules. 5th International workshop on remote sensing of vegetation fluorescence, 22-24 April 2014, Paris (France) http://esaconferencebureau.com/Custom/14C04/Papers/Oral%20Presentations/S2_1630_Vicent.pdf

8. Li J., Yin Y., Li P., Li Zh., Li R., Cribb M., Dong Z., Zhang F., Li J., Ren G., Jin L., Li Y. Aircraft measurements of the vertical distribution and activation property of aerosol particles over the Loess Plateau in China // Atmospheric Research. – 2015. – Vol. 155. – P. 73-86.



УДК 528.88;502.37

Р.М. Керимов, Ф.Г. Агаев, Р.Ю. Алекберова, К.Х. Исмаилов
R.M. Kerimov, F.G. Agayev, R.Yu. Alekberova, K.Kh. Ismailov

ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АЗОТА В РАСТЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ УЗКОСПЕКТРАЛЬНЫХ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

INFORMATION ERROR ESTIMATION OF PLANT NITROGEN CONCENTRATION BY MEANS OF NARROW SPECTRAL VEGETATION INDICES

Ключевые слова: вегетационные индексы, концентрация азота, информационная оценка, оптимизация, погрешность.

Известно, что точное определение содержания азота в растениях позволяет оптимизировать процесс использования азотного удобрения в агро-

номии. При недостатке азота в растениях уменьшается концентрация хлорофилла, что указывает на неоптимальные условия для фотосинтеза. Показано, что оценка разности измеренных и спрогнозированных величин концентрации азота в виде остаточной информации в серии многоточечных пространственных измерений может иметь мак-

симум или минимум, в зависимости от вида функциональной связи основных показателей серии проводимых измерений. Однако в любом случае приближение спрогнозированных значений концентрации азота к измеренным значениям приводит к уменьшению общего количества остаточной информации вплоть до нуля.

Keywords: *vegetation indices, nitrogen concentration, information estimation, optimization, error.*

It is known that accurate determination of nitrogen distribution in vegetation enables to optimize the process of nitrogen fertilizer application in crop

growing. In case of nitrogen shortage in plants, the concentration of chlorophyll decreases indicating non-optimal conditions for photosynthesis. It is shown that the estimation of difference between the measured and predicted values of nitrogen concentration as residual information in the series of multi-point spatial measurements may possess the maximum or minimum depending on type of functional relation between major parameters of performed measurements. However, the shift of predicted values of nitrogen concentration towards the measured values leads to decrease of total amount of residual information up to zero.

Керимов Руслан Мехман оглы, аспирант, Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Агаев Фахраддин Гюльали оглы, д.т.н., проф., Институт космических исследований природных ресурсов, г. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Алекберова Рамида Юнис гызы, к.б.н., доцент, Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Исмаилов Камал Хейраддин оглы, д.т.н., проф., Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Kerimov Ruslan Mehman oglu, post-graduate student, National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Agayev Fahraddin Gulali oglu, Dr. Tech. Sci., Prof., Institute of Space Research of Natural Resources, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Alekberova Ramida Yunis gyzy, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Ismailov Kamal Kheyreddin oglu, Dr. Tech. Sci., Prof., National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan. E-mail: asadzade@rambler.ru.

Азот является важным фактором развития растений, используемым в технологии высокоточного сельского хозяйства [1]. Возможность точного определения содержания азота в растениях позволяет оптимизировать процесс использования азотного удобрения в агрономии. При недостатке азота в растениях уменьшается концентрация хлорофилла в них, что указывает на неоптимальные условия для фотосинтеза [2].

Для оценки количества азота в растениях используются различные узкоспектральные индексы, вычисляемые на базе данных, полученных от различных самолетных гиперспектральных систем, таких как HyMap, HySpex, AISA, CASI и др. [3, 4]. В работе [5] сообщается о результатах оценки узкоспектральных вегетационных индексов на базе данных гиперспектрометра AISA – DUAL, полученных при самолетных исследованиях пшеничных полей в Германии. Согласно [5], гиперспектрометр AISA – DUAL (Specim, Ltd) состоит из двух сенсоров:

- 1) AISA – EAGLE (400÷1000 нм);
- 2) AISA – HAWK (1000÷2500 нм).

Геометрическое разрешение – 3 м; количество каналов – 367.

В целях повышения отношения сигнал/шум было осуществлено расширение

каналов путем объединения соседних каналов, что привело к уменьшению числа каналов до 122.

На базе данных AISA – DUAL оценивались следующие узкоспектральные индексы [5]:

- 1) узкоспектральный вегетационный индекс (VI);
- 2) индекс «Точка изгиба края красной зоны (REIR);
- 3) нормализованный дифференциальный индекс края красной зоны (NDRE);
- 4) нормализованный дифференциальный азотный индекс (NDNI).

Для оценки точности вычислений была осуществлена перекрестная валидация (cv) результатов, вычислены коэффициент детерминации (r_{cv}^2) и среднеквадратичное отклонение ($RMSE_{cv}$) результатов такой валидации.

Также использовалось отношение среднеквадратического отклонения измеренной величины к $RMSE_{cv}$. Такое отношение (RPD) было использовано как дополнительная мера при определении точности оценки.

Используемые узкоспектральные вегетационные индексы определялись как [6-8]:

$$REIP = 700 + 40 \times \left[\frac{\left(\frac{\lambda_{670} + \lambda_{780}}{2} - \lambda_{700} \right)}{(\lambda_{740} - \lambda_{700})} \right]; \quad (1)$$

$$NDRE = \frac{(\lambda_{790} - \lambda_{720})}{(\lambda_{790} + \lambda_{720})}; \quad (2)$$

$$NDNI = \frac{\left[\log \left(\frac{1}{\lambda_{1510}} \right) - \log \left(\frac{1}{\lambda_{1680}} \right) \right]}{\left[\log \left(\frac{1}{\lambda_{1510}} \right) + \log \left(\frac{1}{\lambda_{1680}} \right) \right]}; \quad (3)$$

где λ – длина волны, в индексе указаны конкретные значения длин волн в нм.

В целях пространственной оценки концентрации азота в пшенице были использованы такие эмпирико-статистические алгоритмы, как поддерживающая векторная регрессия (SVR) и регрессия частичных наименьших квадратов (PLSR). Результаты применения этих алгоритмов в виде скатерограмм предсказанных значений концентрации N приведены на рисунке.

Целью работы является формирование информационной оценки погрешности предсказания концентрации азота, показанной в скатерограммах.

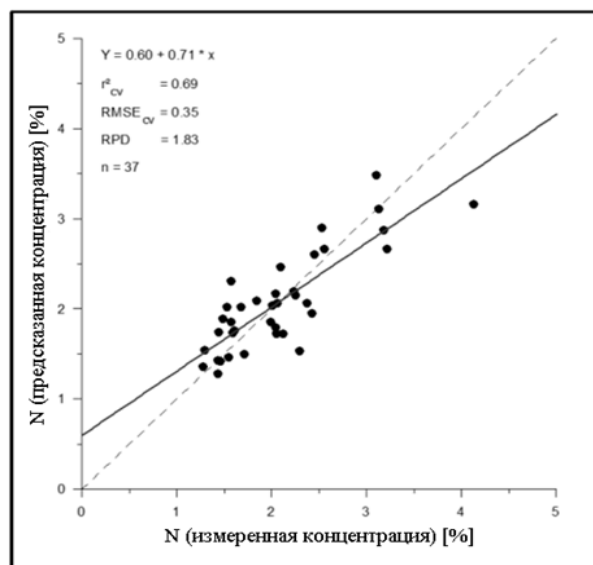
Следует отметить, что идея информационной оценки погрешности, впоследствии концепция энтропийной погрешности, была высказана в трудах П.В. Новицкого [9]. В отличие от подхода, развитого в [9], используются следующие базовые положения анализа:

- 1) погрешности предсказания, представленные в виде скатерограмм, характеризуются остаточной информацией;
- 2) вводится новый показатель – «интегральная информационная оценка» погрешности предсказания;
- 3) анализируются экстремальные свойства вновь введенной характеристики;
- 4) исследуется взаимное соответствие изменчивости погрешности предсказания и их информационных оценок при использовании алгоритмов SVR и PLSR.

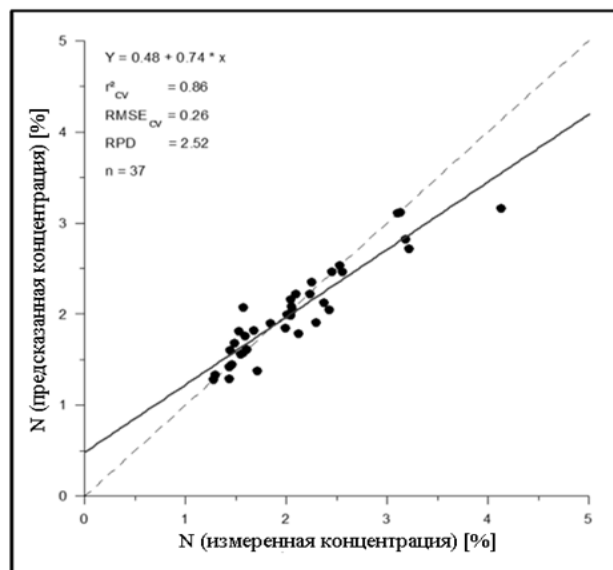
Энтропию, приходящуюся по пространству на все предсказанные значения N_p , соответствующие измеренной величине концентрации азота N_i в среднем оценим как

$$E_{\perp} = \log_2 \left[N_i - N_p(N_i) \right], \quad (4)$$

где $N_p = N_p(N_i)$ является функцией регрессии N_p к N_i ;
 N_i – измеренное значение концентрации;
 N_p – предсказанное значение концентрации.



а



б

Рис. Скатерограммы предсказанных и измеренных значений концентрации азота (модель REIP (а) и модель SVR (б))

Если количество точек измерений в исследуемом поле определить в качестве функции N_i , т.е.

$$P = \psi(N_i), \quad (5)$$

то количество суммарной остаточной информации оценим как

$$M_i = \psi(N_i) \cdot \log_2 \left[N_i - N_p(N_i) \right]. \quad (6)$$

Интегрируя выражение (6) по всем N_i , получим

$$M_0 = \int_0^{N_{i\max}} \psi(N_i) \cdot \log_2 [N_i - N_p(N_i)] dN_i. \quad (7)$$

Из графиков, приведенных на рисунке, можно заключить, что регрессионные линии $N_p = N_p(N_i)$ имеют центральную симметрию относительно точки (2; 2).

Это свойство регрессионных линий, а также допущение о том, что имеется в наличии множеств алгоритмов обработки подобных SVR и PLSR, обладающих таким

$$M_2 = \int_0^{N_{i\max}} \psi(N_i) \cdot \log_2 [N_i - N_p(N_i)] dN_i + \lambda \int_0^{N_{i\max}} N_p(N_i) dN_i. \quad (9)$$

где λ – множестве Лагранжа [10].

Решение оптимизационной задачи (9) должно удовлетворять условию Эйлера:

$$\frac{d \left\{ \psi(N_i) \log_2 [N_i - N_p(N_i)] + \lambda N_p(N_i) \right\}}{dN_p(N_i)} = 0. \quad (10)$$

С учетом выражений (8), (9), (10) получено

$$\frac{-\psi(N_i)}{[N_i - N_p(N_i)] \ln 2} + \lambda = 0. \quad (11)$$

Рассмотрены две аппроксимации функции $\psi(N_i)$:

$$1) \psi(N_i) = kN_i; k = \text{const}; \quad (12)$$

$$2) \psi(N_i) = A - kN_i; A = \text{const}. \quad (13)$$

С учетом выражений (7), (9), (10) и (11) получено

$$N_p(N_i) = \frac{2CN_i}{N_{im}^2}. \quad (14)$$

Нетрудно проверить, что при условии (14) функционал (8) достигает максимальной величины.

С учетом выражений (7), (9), (10) и (12) получено

$$N_p(N_i) = N_i + \frac{(kN_i - A) \left(\frac{N_{im}^2}{2} - C \right)}{AN_{imax} - \frac{kN_{imax}^2}{2}}. \quad (15)$$

Как видно из выражения (15), остаточная информация, характеризующая разность

же свойством, позволяют сформировать следующее ограничительное условие

$$M_{1.C} = \int_0^{N_{i\max}} N_p(N_i) \cdot dN_i = C, \quad (8)$$

где $C = \text{const}$.

Заметим, что смысл условия (8) заключается в равенстве площадей под линиями O_1O_2 на рисунке а и б.

С учетом выражений (7) и (8) можно сформировать уравнение безусловной вариационной оптимизации в виде

между N_p и N_i , проходит через максимум при наличии прямо пропорциональной связи между N_p и N_i . При этом приближение значений $N_p(N_i)$ к значениям N_i дает фактическое уменьшение этого максимума, и в пределе показатель M_0 уменьшается до нуля.

Можно показать, что при условии (14) функционал (8) проходит через минимум. При этом сближение значений N_i и $N_p(N_i)$ приводит к еще большему уменьшению значения достигаемого минимума.

Таким образом, показано, что оценка разности измеренных и спрогнозированных величин концентрации азота в виде остаточной информации в серии многоточечных пространственных измерений может иметь максимум или минимум, в зависимости от вида функциональной связи основных показателей серии проводимых измерений. Однако в любом случае приближение спрогнозированных значений концентрации азота к измеренным значениям приводит к уменьшению общего количества остаточной информации вплоть до нуля.

Библиографический список

1. Vigneau N., Ecartot M., Rabatel G., Roumet P. Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat // *Field Crops Research*, Elsevier. – 2011. – Vol. 122 (1). – P. 25-31.

2. Clevers, J.G.P.W. and Kooistra L. Using Hyperspectral Remote Sensing Data for Retrieving Canopy Chlorophyll and Nitrogen Content // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*. – 2012. – Vol. 5 (2). – P. 574-583.

3. Jarmer T., Vohland M., Spectroscopy and hyperspectral imagery for nitrogen assessment of summer barley // *Proceedings of the EARSeL 7th SIG-Imaging Spectroscopy Workshop*, Edinburgh, April 11-13th 2011. <https://www.univ-trier.de/index.php?id=45875>.

4. Dorigo W.A., Zurita-Milla R., de Wit A.J.W., Brazile, J., Singh, R. Schaepman, M.E., A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2007. – Vol. 9. – P. 165-193.

5. Siegmann B., Jarmer T., Lilienthal H., Richter N., Selige T., Hofled B. Comparison of narrow band vegetation indices and empirical models from hyperspectral remote sensing data for the assessment of wheat nitrogen concentration. http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/2013/Hoefle/Siegmann_et_al_2013_EARSeL.pdf.

6. Guyot G., Baret F., Major D.J. High spectral resolution: Determination of spectral shifts between the red and near infrared // *International Archives of Photogrammetry*. – 1988. – Vol. 27 (7).

7. Barnes E.M., Clarke T.R., Richards S.E., Colaizzi P.D., Haberland J., et al. 2000. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data [CD ROM]. In P.C. Robert et al. (ed.) *Proc. Int. Conf. Prec. Agric.*, 5th, Bloomington, MN. 16-19 July 2000. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.8007&rep=rep1&type=pdf>.

8. Serano L., Penuelas J., Ustin S.L. Remote sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data: Decomposing biochemical from structural signals // *Remote Sensing of Environment*. – 2002. – Vol. 81. – P. 355-364.

9. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л., 1985. – 248 с.; ил.

10. El'sgol'ts L.E. *Differentsial'nye uravneniya i variatsionnoe ischislenie*. – М.: Наука, 1969.

References

1. Vigneau N., Ecartot M., Rabatel G., Roumet P. Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat // *Field Crops Research*, Elsevier. – 2011. – Vol. 122 (1). – P. 25-31.

2. Clevers, J.G.P.W. and Kooistra, L. Using Hyperspectral Remote Sensing Data for Retrieving Canopy Chlorophyll and Nitrogen Content // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*. – 2012. – Vol. 5 (2). – P. 574-583.

3. Jarmer T., Vohland M., Spectroscopy and hyperspectral imagery for nitrogen assessment of summer barley // *Proceedings of the EARSeL 7th SIG-Imaging Spectroscopy Workshop*, Edinburgh, April 11-13th 2011. <https://www.univ-trier.de/index.php?id=45875>.

4. Dorigo W.A., Zurita-Milla R., de Wit A.J.W., Brazile, J., Singh, R. Schaepman, M.E., A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2007. – Vol. 9. – P. 165-193.

5. Siegmann B., Jarmer T., Lilienthal H., Richter N., Selige T., Hofled B. Comparison of narrow band vegetation indices and empirical models from hyperspectral remote sensing data for the assessment of wheat nitrogen concentration. http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/2013/Hoefle/Siegmann_et_al_2013_EARSeL.pdf.

6. Guyot G., Baret F., Major D.J. High spectral resolution: Determination of spectral shifts between the red and near infrared // *International Archives of Photogrammetry*. – 1988. – Vol. 27 (7).

7. Barnes E.M., Clarke T.R., Richards S.E., Colaizzi P.D., Haberland J., et al. 2000. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data [CD ROM]. In P.C. Robert et al. (ed.) *Proc. Int. Conf. Prec. Agric.*, 5th, Bloomington, MN. 16-19 July 2000. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.8007&rep=rep1&type=pdf>.

8. Serano L., Penuelas J., Ustin S.L. Remote sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data: Decomposing biochemical from structural signals // *Remote Sensing of Environment*. – 2002. – Vol. 81. – P. 355-364.

9. Novitskiy P.V., Zograf I.A. Otsenka pogreshnostey rezultatov izmereniy. – L., 1985. – 248 s.; il.

10. El'sgol'ts L.E. Differentsial'nye uravneniya i variatsionnoe ischislenie. – M.: Nauka, 1969.



УДК 58.056

Е.Ю. Герасимова, В.Ф. Абаимов, А.А. Кулагин
Ye.Yu. Gerasimova, V.F. Abaimov, A.A. Kulagin

**ВИДЫ И ФОРМЫ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ,
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ЮЖНОГО УРАЛА
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГА)**

**TYPES AND FORMS OF TREES AND SHRUBS PROMISING FOR URBAN GREENING
IN THE SOUTHERN URALS (CASE STUDY OF THE CITY OF ORENBURG)**

Ключевые слова: интродуценты, озеленение, древесные и кустарниковые виды, жизнеспособность, устойчивость, шкала перспективности, условия произрастания.

Дана характеристика экологической устойчивости и перспективности использования 27 древесных и кустарниковых пород, наиболее часто используемых в озеленении Южного Урала. Оценка перспективности экзотов проводилась на модельных хорошо развитых особях, вступивших в плодоношение (обсеменение для Сосновых). Возраст модельных особей устанавливался по документам в книгах учета лесных культур (Абаимов, Колтунова, Панина, 2011). Виды растений выбирались на основании использования их в озеленительной практике, учитывались их декоративность и долговечность, а также способность выдерживать наш суровый резко континентальный засушливый климат. Среди исследованных видов часть произрастает на территории дендрария Оренбургского государственного аграрного университета (Гортензия метельчатая, ирга круглолистная, катальпа сиренелистная, кизильник цельнокрайний, клен Гиннала, пион древовидный, спирея японская, сумах пушистый, пузыреплодник промежуточный, яблоня Недзвецкого). Другие виды древесных и кустарниковых пород растут на территории г. Оренбурга в Промышленном и Ленинском районах. На основании проведенных наблюдений из 27 экзотов, произрастающих на территории г. Оренбурга, 22 по шкале оценки перспективности набрали от 91 до 100 баллов и отнесены нами в разряд вполне перспективных. Остальные 5 ви-

дов набрали от 76 до 90 баллов и являются перспективными.

Keywords: introduced species, landscaping, tree and shrub species, vitality, stability, prospects of scale, growing conditions.

The paper presents the characteristics of environmental sustainability and prospects of using 27 tree and shrub species most commonly used in landscaping of the Southern Urals. The evaluation of the prospects of exotic species was conducted on well-developed model species that had come into fruiting (seeding for pines). The age of model species was determined by the documents in forest plantation record books (Abaimov, Koltunova, Panina, 2011). The plant species were selected on the basis of their use in the planting practice taking account of their ornamental value and durability, and the ability to stand the adverse continental arid climate. Some studied species grow in the arboretum of the Orenburg State Agricultural University (*Hydrangea paniculata*, *Amelanchier ovalis*, *Catalpa bignonioides*, *Cotoneaster integerrimus*, *Acer ginnala* Maxim., *Paeonia Ч suffruticosa*, *Spiraea japonica*, *Rhus typhina*, *Physocarpus intermedius*, *Malus niedzwetzkyana*). Other tree and shrub species grow in the city of Orenburg in the Promyshlenniy and Leninskiy Districts. Based on the performed observations, of 27 exotic species growing in the city of Orenburg, 22 species scored from 91 to 100 points on prospective assessment scale and referred to as quite promising. The other 5 scored from 76 to 90 points and are promising species.

Герасимова Елена Юрьевна, аспирант, Оренбургский государственный аграрный университет. E-mail: Javnova@yandex.ru.

Абаимов Виктор Федорович, д.с.-х.н., проф. каф. лесоведения, озеленения и защиты леса, Оренбургский государственный аграрный университет. Тел. (3532) 76-87-58. E-mail: Javnova@yandex.ru.

Кулагин Андрей Алексеевич, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы. Тел.: (347) 272-58-05. E-mail: kulagin-aa@mail.ru.

Gerasimova Yelena Yuryevna, post-graduate student, Orenburg State Agricultural University. E-mail: Javnova@yandex.ru.

Abaimov Viktor Fedorovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Forest Science, Greening and Forest Protection, Orenburg State Agricultural University. Ph.: (3532) 76-87-58. E-mail: Javnova@yandex.ru.

Kulagin Andrey Alekseyevich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Ecology and Natural Resources Mgmt., Baskir State Pedagogic University named after M. Akmulla. Ph.: (347) 272-58-05. E-mail: kulagin-aa@mail.ru.