

Pract. Conf. Orel. 2016. pp. 19-22 [in Russian].

4. Vasilieva N.A. A new variety of blue honeysuckle for Eastern Siberia. *Sovremennoe sadovodstvo*. 2019. No 3. pp. 22-26 [in Russian].

5. Vasilieva N.A., Guseva N.K. A promising variety of blue honeysuckle for the Baikal region. "Actual problems of the development of the agricultural sector of the Baikal region" Proc. of Sci. and Pract. Conf. dedicated to the Day of Russian Science. Ulan-Ude. 2019. pp. 32-35 [in Russian].

6. Guseva N.K., Vasilieva N.A. The technology of cultivation of berry crops in Transbaikalia. Ulan-Ude. Publishing House of BSAA named after V.R. Filippov. 2019. 55 p. [in Russian].

7. Guseva N.K., Vasilieva N.A. Selection work on berry crops in Transbaikalia. "Modern

problems of agricultural sciences in the world". Proc. of the III Int. Sci. and Pract. Conf. Kazan. 2016. pp. 7-11 [in Russian].

8. Zholobova Z.P. Honeysuckle breeding technology: Recommendations. *VASKHNIL. Sib. Otdelenie NIISS imeni. M.A. Lisavenko*. Novosibirsk. 1988. 42 p [in Russian].

9. Plekhanova M.N. Features of the phenology of honeysuckle with edible fruits in the Leningrad region. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike and selektsii*. 1978. Vol 62. Issue 3 [in Russian].

10. The program and methodology for selection of fruit, berry and nut crops. Orel. *Izdatelstvo VNISPK*. 1995. 502 p [in Russian].

11. The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops. Orel. *Izdatelstvo VNISPK*. 1999. 608 p [in Russian].

УДК 633.358

DOI: 10.34655/bgsha.2020.58.1.004

А. Н. Кадычegov, В.Н. Муртаев, А.С. Грудинин

АДАПТИВНОСТЬ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН СОИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Ключевые слова: сорт, соя, масса 1000 семян, лабораторная всхожесть, дисперсионный анализ, экологическая пластичность, стабильность, гомеостатичность, юг Средней Сибири.

Полевые опыты проведены на Бейском ГСУ. Прошли испытание в 2015-2019 гг. сорта сои сибирской селекции: СибНИИК 315, Заряница, Сибирячка и СибНИИСХоз. Расчёт вклада факторов в изменчивость признаков проведен двухфакторным дисперсионным анализом, параметры экологической пластичности - по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell, коэффициент гомеостатичности – по методике Хангильдина В.В. Доминирующее влияние на изменчивость массы 1000 семян и их лабораторной всхожести оказывали условия выращивания растений, и доля их влияния на формирование признаков была 95% и 94%, соответственно. Различия средней массы 1000 семян по годам отмечена, в пределах 52,5г. Средняя лабораторная всхожесть 2015-2018 гг. соответствовала категориям ОС и ЭС и только 2019 - категориям РС и РСт. Более высокий показатель гомеостатичности по массе 1000 семян отмечен по сортам Заряница и СибНИИК 315. Сорт СибНИИСХоз обладал более высоким гомеостазом при формировании лабораторной всхожести. Отмечено, что сорт СибНИИСХоз 6 ($b_i = 1,10$) более требователен к уровню агротехники при формировании массы 1000 семян, чем сорта СибНИИК 315 и Заряница, у которых $b_i = 0,96$ и $0,93$, соответственно. Для формирования высокой лабораторной всхожести сорт СибНИИК 315 требует и более высокий уровень агротехники, чем сортам Заряница и СибНИИСХоз 6. Различия по величине показателя стабильности σ^2_{ϕ} между сортами по массе 1000 семян и лабораторной всхожести были незначительны ($F_{\phi} < F_{05}$), соответственно, вся изменчивость признаков вызвана только влиянием условий внешней среды, а не их генетическими особенностями.

A. Kadychegov, V. Murtaev, A. Grudinin

ADAPTABILITY OF SOWING QUALITIES OF SOYBEAN SEEDS IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTH OF CENTRAL SIBERIA

Keywords: variety, soybean, weight of 1000 seeds, laboratory germination, dispersion analysis, ecological plasticity, stability, homeostaticity, the South of Central Siberia.

Field experiments were conducted at the Bey State Crop Testing Site. In 2015-2019 soybean varieties of Siberian selection passed the test: SibNIIK 315, Zaryanitsa, Sibiryachka and SibNIISHoz. Calculation of the share of factors to the variability of characteristics was held with two-way dispersion analysis, the parameters of ecological plasticity - according to the method of S.A. Eberhart, W.A. Russell, the coefficient of homeostasis – according to the method of Hangildin V.V. Dominant influence on the variability of the weight of 1000 seeds and their laboratory germination was provided by the conditions for the cultivation of plants and the proportion of their influence on the formation of signs was 95% and 94%, respectively. Differences in the average weight of 1000 seeds by year were observed, within 52.5 g. Average laboratory germination in 2015-2018 corresponded to the breeder seed and elite seeds categories and only in 2019 - to the reproduction seeds and reproduction commercial seeds categories. Higher indicator of homeostaticity by weight of 1000 seeds was noted in the varieties Zaryanitsa and SibNIIK 315. The SibNIISHoz variety had higher homeostasis when forming laboratory germination. It was determined that the SibNIISHoz 6 variety ($b_i = 1,10$) is more demanding of the level of agricultural technology when forming the weight of 1000 seeds than the SibNIIK 315 and Zaryanitsa varieties, which have $b_i = 0,96$ and $0,93$, respectively. To form high laboratory germination the SibNIIK 315 variety requires higher level of agricultural technology than the varieties of Zaryanitsa and SibNIISHoz 6. Differences in the value of the stability index σ_d^2 between the varieties by weight of 1000 seeds and laboratory germination were not significant ($F_\phi < F_{0,05}$), respectively, all the variability of signs is caused only by the influence of environmental conditions, but not by their genetic characteristics.

Кадычegov Алексей Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрономии сельскохозяйственного института ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Абакан, Республика Хакасия, Россия; e-mail: kadychegov@mail.ru

Alexey N. Kadychegov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Agronomy Chair of Agricultural Institute, "Khakass State University named after N. F. Katanov", Abakan, the Khakass Republic, Russia; e-mail: kadychegov@mail.ru

Муртаев Валерий Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова», Абакан, Республика Хакасия, Россия; e-mail: valera.murtaev@mail.ru

Valery N. Murtaev, graduate student, "Khakass State University named after N. F. Katanov", Abakan, the Khakass Republic, Russia; e-mail: valera.murtaev@mail.ru

Грудинин Анатолий Сергеевич, заведующий Бейским ГСУ ФГБУ «Госкомиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, Бей, Республика Хакасия, Россия; e-mail: bejskij.gsu@mail.ru

Anatoly S. Grudinin, Head of the Beya Seed-Trial Ground, "State Commission" Federal State Budgetary Institution in the Krasnoyarsk Territory, Republic of Khakassia and Republic of Tyva; Beya village, the Khakass Republic, Russia; e-mail: bejskij.gsu@mail.ru

Введение. Благодаря разнообразному и богатому химическому составу соя широко используется как продо-

вольственная, кормовая и технологическая культура. Из семян сои получают продукты для изготовления нескольких

сотен разнообразных изделий. В мировой практике соевое зерно в основном используется для переработки на масло, а шрот и жмых – для кормовых целей как ценные высокобелковые добавки к комбикормам [6].

Белок сои содержит множество незаменимых аминокислот, которые могут значительно повысить иммунитет человека. Возделывание сои с учетом экологических, агротехнологических и биологических факторов способствует повышению эффективности не только производства зерна, но и получению качественных семян, характеризующихся высокими посевными и технологическими свойствами [9].

Следует учитывать, что связующим звеном в сфере отношений «генотип-среда» являются семена как носители отселектированного генома и сформировавшегося в процессе репродукции фенотипа [5].

Основной целью исследования являлось изучение индивидуальной реакции сортов сои на варьирующие условия внешней среды при формировании посевных качеств семян.

Условия и методы исследования.

Полевые опыты проведены на Бейском ГСУ. Работа выполнялась в рамках договора между ХГУ им. Н.Ф. Катанова и инспектурой ГК по сортоиспытанию и охране селекционных достижений по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва.

По данным ГУ «Хакасский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (метеостанция «Бея»), в районе исследований количество осадков в вегетационный период культуры (май – сентябрь) составило в 2015 году – 309,8 мм, 2016 году – 305,8 мм, 2017 году – 440,3 мм, 2018 году – 306,1 мм и в 2019 году – 389,2 мм. В 2016 году в период налива и созревания семян сои выпало 157,9 мм осадков, в 2017 году – 187,8 мм и 2018 году – 164,0 мм, что затруднило уборку культуры. Потребовалась сушка семян

до снижения влажности 14%.

Прошли испытание в 2015-2019 гг. 4 сорта сои сибирской селекции: СибНИИК 315, Заряница, Сибирячка и СибНИИСХоз.

Площадь учётных делянок – 25 м², повторность - четырехкратная. Норма высева – 700 тыс. всхожих семян/га. Предшественник – пар. Уровень агротехники – средний. Посевной материал по лабораторной всхожести и чистоте соответствовал в годы исследования категории элитных семян [3].

Посев проводили во второй декаде мая, уборку – в третьей декаде сентября комбайном Sampo Rosenlew 500. Первичную очистку и сортировку зерна гороха осуществляли на зерноочистительной машине «Петкус Гигант».

Учёты и наблюдения в опытах:

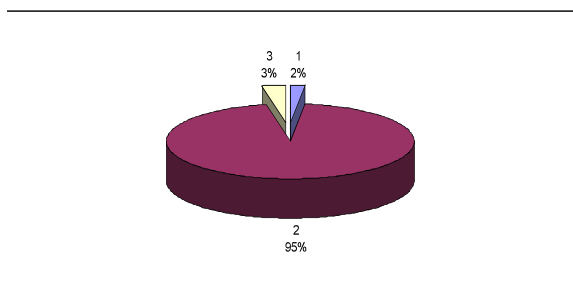
- оценка качества семян сои - согласно ГОСТ Р52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия [3];

- анализ семян на посевные качества осуществлялся по ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести [2] и ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян [1].

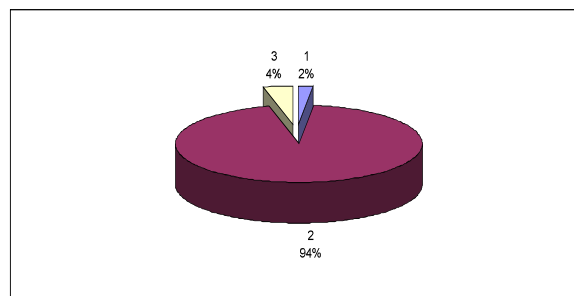
Статистическая обработка данных проведена по методике Б.А. Доспехова [7], с помощью пакета программ FieldExpert О.И. Акимова [4], параметры экологической пластичности - по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [11], коэффициент гомеостатичности – по методике Хангильдина В.В. [10].

Результаты исследования. Для оценки параметров адаптивности использованы различные методики, что позволяет дать более разностороннюю оценку изучаемого материала.

Вклад прямого действия факторов и их взаимодействия в общую изменчивость показателей определён на основе факторного дисперсионного анализа (рис.).



Масса 1000 семян, г



Лабораторная всхожесть, %

Рисунок. Вклад факторов в изменчивость показателей, %
1 – фактор «Сорт»; 2 – фактор «Год»; 3 – взаимодействие факторов «Год × Сорт»

Доминирующий вклад в изменчивость массы 1000 семян и их лабораторной всхожести вносил фактор «год». Масса 1000 семян на 95% зависела от условий выращивания, то есть от фактора «год» (рис.). Различие средней массы 1000 семян по годам отмечено в пределах 52,5 г. В 2018 году средняя

масса 1000 семян была 204,9 г, в 2019 году – 152,4 (табл. 1). Сортные различия вносили в формирование признака только около 3%. Низкий вклад генотипических различий обусловлен тем, что в опыте использованы формы, прошедшие селекционный отбор в сибирских условиях, в том числе и по массе 1000 семян.

Таблица 1 – Масса 1000 зёрен, г

Сорт	Год				
	2015	2016	2017	2018	2019
СибНИИК 315 (ст.)	193,9	179,3	189,1	215,2	159,0
Заряница	189,6	184,3	189,5	208,8	155,4
Сибирячка	187,1	178,7	200,2	192,8	146,0
СибНИИСХоз 6	185,9	181,3	206,5	202,7	149,1
\bar{x}	189,1	180,9	196,3	204,9	152,4
l_j	4,4	-3,82	11,6	20,15	-32,35

НСР05 = 8,1г

В формирование лабораторной всхожести погодные условия вносили вклад 94% (рис.). Наиболее благоприятные условия для формирования лабораторной всхожести были в 2018 году.

Среднее значение показателя отмечено в пределах 96% (табл. 2). И только в 2019 году средняя всхожесть семян по 4 сортам составила около 86%.

Таблица 2 – Лабораторная всхожесть семян, %

Сорт	Год				
	2015	2016	2017	2018	2019
СибНИИК 315 (ст.)	93	92	97	98	84
Заряница	95	92	92	95	87
Сибирячка	95	93	95	96	86
СибНИИСХоз 6	94	92	93	96	88
\bar{x}	94	92	94	96	86
l_j	1,6	-0,40	1,60	3,60	-6,40

НСР05 = 2,18%

Вклад генотипических различий в формирование лабораторной всхожести составил около 2 % (рис.).

Дисперсионный анализ не позволяет определить индивидуальную реакцию сорта на меняющиеся условия среды. Стабильность показателя можно определить методом вариационного анали-

за через расчёт коэффициента вариации (V , %). Вариационный анализ изменчивости массы 1000 семян у сортов сои позволил установить, что коэффициент вариации признака был средним и колебался от 10,38 % (Заряница) до 12,32 % (сорт СибНИИСХоз) (табл.3).

Таблица 3 – Параметры адаптивности массы 1000 семян

Сорт	Y_i	V , %	Hom	b_i	σ^2_d
СибНИИК 315 (ст.)	187,3	10,97	1706,28	0,96	64,1
Заряница	185,5	10,38	1787,00	0,93	24,1
Сибирячка	181,0	11,64	1554,17	1,00	46,6
СибНИИСХоз 6	185,1	12,32	1502,71	1,10	37,4

Коэффициент вариации лабораторной всхожести в годы исследования у изучаемых сортов был низким и колебался от 3,20 (СибНИИСХоз 6) до 5,97 % СибНИИК 315 (табл. 4).

Коэффициент вариации не даёт информации о величине показателя в меняющихся условиях среды. Коэффи-

циент гомеостатичности (Hom) более информативен, так как учитывает как обобщенную среднюю показателя, так и его варьирование в меняющихся условиях среды. Более высокий показатель гомеостатичности отмечен по сортам Заряница (Hom = 1787,00) и СибНИИК 315 (Hom = 1706,28) (табл. 3).

Таблица 4 – Параметры адаптивности лабораторной всхожести семян

Сорта	Y_i	V , %	Hom	b_i	σ^2_d
СибНИИК 315	93	5,97	1554,48	1,39	2,7
Заряница	92	3,55	2599,64	0,8	1,51
Сибирячка	93	4,37	2644,95	1,05	0,36
СибНИИСХоз 6	92	3,20	2887,12	0,76	0,43

Сорт СибНИИСХоз обладал более высоким гомеостазом при формировании лабораторной всхожести, коэффициент гомеостатичности у которого составил 2887,12. Из этого следует, что данный сорт более стабильно формирует высокую всхожесть в меняющихся условиях среды.

Методика расчета параметров – коэффициента линейной регрессии (b_i) и дисперсии (s^2_d) – которую разработали S.A. Eberhart, W.A. Russell [11], позволяет определить индивидуальную реакцию сорта на условия выращивания и определить уровень агротехники.

Расчётный коэффициент регрессии b_i служит мерой степени реакции генотипа на уровень агротехники. Чем выше значение коэффициента $b_i > 1$, тем сорт более требователен к высокому уровню агротехники. Сорта с $b_i < 1$ лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат. И сорта с $b_i = 1$ имеют соответствие уровня агротехники и потенциала формирования признака [8].

Вклад взаимодействия «генотип × среда» в общую изменчивость массы 1000 семян и лабораторной всхожести

был существенным на 5%-ном уровне значимости и составил 3 и 4 %, соответственно (рис.), что позволяет провести расчёт коэффициентов пластичности и стабильности.

Методика S.A. Eberhart и W.A. Russell [11] позволяет выделить наиболее благоприятные годы для формирования признака. Чем выше положительное значение I_j , тем лучшие условия складывались для формирования признака. В 2018 году отмечено наибольшее положительное значение индекса условий среды ($I_j = +20,15$), соответственно, и средняя масса 1000 семян в целом по опыту составила 204,9 г (табл.1). В 2018 году сложились и более благоприятные условия для формирования лабораторной всхожести ($I_j = 3,60$) (табл.2).

Сопоставление b_i в группе изучаемых сортов следует отметить, что резких различий не отмечено. Сорт СибНИИСХоз 6 ($b_i = 1,10$) более требователен к уровню агротехники при формировании массы 1000 семян, чем сорта СибНИИК315 и Заряница, у которых $b_i = 0,96$ и $0,93$, соответственно (табл.3).

Индивидуальная реакция по формированию лабораторной всхожести была в группе изучаемых сортов более контрастной, чем по массе 1000 семян.

Для формирования высокой лабораторной всхожести сорт СибНИИК 315 требует и более высокий уровень агротехники ($b_i = 1,39$). Сорта Заряница СибНИИСХоз 6 менее требовательны к условиям выращивания при формировании лабораторной всхожести (табл. 4).

Оценку различий по стабильности показателей сорта можно получить с помощью F-критерия. Различия по величине показателя стабильности σ_d^2 между сортами по массе 1000 семян и всхожести незначительны ($F_{\phi} < F_{0,05}$), соответственно, вся изменчивость признаков вызвана только влиянием условий внешней среды, а не их генетическими особенностями.

Выводы: 1. Доминирующий вклад в общую изменчивость массы 1000 семян

и лабораторной всхожести сои вносил фактор «Год», что указывает на нестабильность показателей в меняющихся условиях среды.

2. Наиболее высоким гомеостазом по массе 1000 семян выделились сорта сои Заряница и СибНИИК 315 и лабораторной всхожести - сорт СибНИИСХоз 6.

3. Установлено, сорт СибНИИСХоз 6 обладает более высокой экологической пластичностью при формировании массы 1000 семян и, соответственно, более требователен к уровню агротехники. Сорт СибНИИК 315 более отзывчив на улучшение условий выращивания при формировании лабораторной всхожести. Полученные результаты необходимо учитывать при организации семеноводства сои в условиях юга Средней Сибири.

Библиографический список

- ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян (с Изменением N 1): межгосударственный стандарт / Профессиональные справочные системы «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023370/>
- ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: межгосударственный стандарт / Профессиональные справочные системы «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12038-84>
- ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия (с Поправкой): национальный стандарт Российской Федерации / Профессиональные справочные системы «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200039547>.
- Акимова О.И. Использование статистических методов обработки опытных данных при выполнении студенческих научных работ / О.И. Акимова, Д.Н. Акимов // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2016. – № 18. – С. 76-78.

5. Баранов В.Ф., Баранова Л.А. Влияние зональных эколого-географических условий репродукции семян скороспелых сортов сои на их посевные качества и продуктивность растений в Вологодской области // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2014. – № 1 (157-158). – С. 62- 69.

6. Бержимостьян С.И., Тихонова А.О. Питательная ценность соевого белка // Молодежь и наука. – 2016. – № 4. – С. 82.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

8. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / сост. В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов. – Уфа: Изд-во Башкирского государственного аграрного университета, 2005. – 44 с.

9. Оборская Ю.В., Ющенко Б.И., Каманина Л.А. Семенные и технологические качества различных сортов сои // Тенденции развития науки и образования. – 2015. – № 6 (6). – С. 20-25.

10. Хангильдин В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1978. – С.111-116.

11. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties/ S.A. Eberhart et W.A Russell // Jorp Sci. – 1966. – V.6. – 1966. – №1. – P. 36-40.

1. GOST 12042-80 Seed of farm crops. Methods of determination of 1000 seed weight (with Amendment No 1): Interstate Standard. Tekhekspert Professional Reference Systems. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200023370/> [in Russian].

2. GOST 12038-84 Agricultural seeds. Methods for determination of germination: Interstate Standard. Tekhekspert Professional Reference Systems. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12038-84> [in Russian].

3. GOST R 52325-2005 Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing characteristics. General specifications (with Amendment): national standard of the Russian Federation. Tekhekspert Professional

Reference Systems. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200039547> [in Russian].

4. Akimova O.I., Akimov D.N. The use of statistical methods of processing the experimental data in student research papers. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*. 2016. No 18. pp. 76-78 [in Russian].

5. Baranov V.F., Baranova L.A. Influence of zonal ecological and geographical conditions of reproduction of seeds of short-season soybean varieties on their sowing qualities and productivity of plants in the Vologda region. *Oilcrops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilcrops*. 2014. No 1. (157-158). – pp. 62-69 [in Russian].

6. Bergimostyan S.I., Tikhonova A. O. Nutritional value of soybean protein. *Molodezh' i nauka*. 2016. No 4. pp. 82. [in Russian].

7. Dospheov B.A. Method of the field experiment. Moscow. *Agropromizdat*. 1985. 352 p. [in Russian].

8. Method of calculation and estimation of ecological plasticity parameters of agricultural plants [Comp. by V.A. Zykin, I.A. Belan, V.S. Yusov]. Ufa. Bashkir State Agrarian University. 2005. 44 p. [in Russian].

9. Oborskaya Yu.V., Yushchenko B.I., Kamanina L.A. Seed and technological qualities of different varieties of soybean. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2015. No 6 (6). pp. 20-25 [in Russian].

8. Hangildin V.V. On the principles of intensive-type variety simulation. Moscow. Nauka. 1978. pp. 111-116. [in Russian].

9. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. // Jorp Sci. 1966.Vol 6. 1966. No 1. pp. 36-40 [in Russian].