

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ZIZYPHUS JUJUBA В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

ANALYSIS OF ECOLOGICAL PLASTICITY VARIETAL DIVERSITY ZIZYPHUS JUJUBA IN THE NORTHERN BORDER CULTIVATION

V. Semenyutina
I. Svintsov

Annotation

Evaluation of ecological plasticity of large-fruited (Ta Yang Zhao, Southerner), the average-fruited (Friendship, figs), small-fruited (Temryuk, Sochi) varieties of *Zizyphus jujuba* in the Lower Volga. In drought conditions (ambient temperature 40 °C, relative humidity 15%) according to the degree of drought tolerance identified three groups: high (1,6–1,98); medium (3,1–3,6); low (4,2–4,7). An increase xeromorphic (thickening of the lamina and cell walls of the epidermis) plants, as an important indicator of their adaptation. Ranking phenological dates with varying degrees of dimension revealed little resistant among varieties and hardier, the dendrogram of similarity grades *Zizyphus jujuba* on the level of adaptation to low temperatures showed that with age comes the adaptation of plants to extreme conditions of existence. Are offered a wide variety of applications and limited: large-fruited – for private gardening and farming; the average-fruited – for landscaping purposes. Recommended for small-fruited plants degraded landscapes while creating green areas in the suburban areas, to cover the dry southern slopes, the creation of hedges and group plantings.

Keywords: adaptation, *Zizyphus jujuba*, drought resistance, winter hardiness, ecological flexibility, limiting factors, degraded landscapes

Семенютина Виктория Алексеевна

Аспирант, Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт, г. Волгоград

Свинцов Игорь Петрович

Д.с-х.н., академик РАН, г.н.с.,
Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт, г. Волгоград

Аннотация

Проведена оценка экологической пластичности крупноплодных (Та-Ян-Цзао, Южанин), среднеплодных (Дружба, Финик), мелкоплодных (Темрюкский, Сочинский) сортов *Zizyphus jujuba* в Нижнем Поволжье. В условиях засухи (температура окружающей среды 40°C, относительная влажность воздуха 15 %) по степени засухоустойчивости выделили три группы: с высокой (1,6–1,98); средней (3,1–3,6); низкой степенью (4,2–4,7). Отмечено повышение ксероморфности (утолщение листовых пластинок и клеточных оболочек эпидермиса) растений, как важного показателя их адаптации. Ранжирование фенологических дат с различной степенью размерности позволило выявить среди сортов маловыносливые и более выносливые, дендрограмма сходства сортов *Zizyphus jujuba* по уровню адаптации к низким температурам показала, что с возрастом происходит адаптация растений к экстремальным условиям существования. Предложены сорта для широкого и ограниченного применения: крупноплодные – для частного садоводства и фермерских хозяйств; среднеплодные – для озеленительных целей.

Ключевые слова:

Адаптация, *Zizyphus jujuba*, засухоустойчивость, зимостойкость, экологическая пластичность, лимитирующие факторы, деградированные ландшафты.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из перспективной в селекции на экологическую пластичность и хозяйственную ценность является унаби – *Zizyphus jujuba* Mill. Этот кустарник является ценной лесомелиоративной, декоративной, плодовой и лекарственной культурой из семейства крушиновых. Его родина Китай, где площади промышленных насаждений достигают 200 тыс. га. Унаби широко встречается в Индии, Афганистане и Иране, в Таджикистане и на юге Туркмении и успешно введена в культуру в южных районах России [3,5]. Морозостойкие сорта *Zizyphus jujuba* представляют

научно практический интерес для многофункциональных лесонасаждений на деградированных землях малолесных регионов [1, 2].

В задачу исследований входило изучение экологической пластичности и выявление лимитирующих факторов роста и развития различных сортов унаби в условиях светло-каштановых почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись сортовые растения унаби (крупноплодные – Та-ян-цзао, Южанин, сред-

неплодные – Дружба, Финик, мелкоплодные – Сочинский, Темрюкский), полученные из Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур (г. Сочи) и возделываемые на коллекционном участке Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации (Волгоградская область, Россия).

Почвы коллекционного участка – светло-каштановые, среднесуглинистые, сформированные на делювиальном наносе, состоящем из песков, залегающих однородной массой с глубины одного метра, характеризуются небольшим количеством гумуса (0,7–1,2 %). Засоление почвенно-грунтовой толщи отсутствует. Данные анализа водной вытяжки свидетельствуют об отсутствии засоления почвенно-грунтовой толщи.

Экспериментальные исследования выполнялись в лабораторных условиях и в полевых, где главным действующим фактором являлись погодные условия, а также эколого-биологические особенности сортов унаби. Наблюдения за фенологией, ростом и развитием велись за одними и теми же экземплярами каждого сорта по методике сортоизучения [2,6]. На фоне изменяющихся метеорологических условий и влажности почвы ежемесячно с июня по сентябрь изучался водный режим и состояние растений. Оводненность листьев и их водоудерживающая способность в засушливые периоды определялись в 3-х кратной повторности, в % от сырого веса [2]. На протяжении 2010–2015 гг. изучали адаптацию и биохимический состав плодов шести сортов унаби (крупноплодные – Южанин, Та-Ян-Цзао; среднеплодные – Дружба, Финик; мелкоплодные – Темрюкский, Сочинский).

Методика исследований базировалась на натуральных и лабораторных наблюдениях и экспериментах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Период исследований характеризовался неустойчивыми погодными условиями, что позволило выявить диа-

пазон толерантности различных сортов к низким и высоким температурам по эколого-биологическим особенностям (росту, развитию, цветению и плодоношению). Результаты действия системы – листового аппарата, корней и проводящих тканей – визуально воспринимались через ростовые процессы [6].

При изучении сортов унаби в условиях северной границы культивирования важно знать ритм их сезонного развития, поскольку он дает основные представления об отношении растений к новым условиям. Как показали наши наблюдения мелкоплодные и среднеплодные сорта заканчивают вегетацию на 10 дней раньше. Сроки прохождения фенологических фаз всех сортов сближены, особенно в начальный период вегетации, что связано с быстрым нарастанием положительных температур весной и летом (табл. 1).

У крупноплодных сортов (Та-ян-цзао) унаби есть опасность повреждения осенними заморозками из-за более длительного периода вегетации.

Однолетние растения имеют продолжительный рост и в зиму уходят с неодревесневшими побегами. Максимальный прирост растения имели в июле. Для набухания почек и их распускания требовалась большая сумма температур, чем для местных растений (яблоня, груша). Весной следующего года унаби успешно отрастают, нормально развиваются, годовой прирост побегов в благоприятном гидрологическом отношении годы составил в среднем по сортам: крупноплодные – 79,7 см, среднеплодные – 73,4 см, мелкоплодные – 62,4 см. (табл. 2).

Высота растений в 10-летнем возрасте варьирует от 2,5 до 3-х метров.

Ответная реакция на факторы нового места обитания визуально определялась весной по наличию поврежденных побегов. Уровень адаптации растений к низким температурам повышался с увеличением возраста.

Таблица 1.

Сроки прохождения фенофаз *Zizyphus jujuba* в условиях светло-каштановых почв.

Сорта	Массовое набухание почек	Распускание почек	Зеленение	Завершение облиствления
Крупноплодные (Та-ян-цзао, Южанин)	27. IV 22. IV-02. V	01. V 26. IV-07. V	12. V 08. V-16. V	24. V 20. V-28. V
Среднеплодные (Дружба, Финик)	23. IV 20. IV-26. IV	27. IV 24. IV-30. IV	10. V 08. V-12. V	19. V 16. V-22. V
Мелкоплодные (Сочинский, емрюкский)	23. IV 19. IV-27. IV	27. IV 22. IV-01. V	10. V 05. V-15. V	19. V 14. V-24. V

В числителе – средняя дата, в знаменателе – крайние даты

Таблица 2.

Динамика сезонного прироста побегов *Zizyphus jujuba*.

Сорта унаби	Сумма положительных температур на начало роста, °С	Прирост				годовой, см
		по месяцам, %				
		VI	VII	VIII-IX		
Крупноплодные (Та-ян-цзао, Южанин)	475 483	18,5 23,3	58,0 54,8	23,5 21,9	79,7±3,5 49,7±3,2	
Среднеплодные (Дружба, Финик)	408 402	17,0 20,5	58,2 53,9	24,8 25,6	73,4±2,9 43,4±3,7	
Мелкоплодные (Сочинский, Темрюкский)	372 380	18,0 21,9	55,5 50,8	25,5 27,3	62,4±2,0 32,5±1,2	

в числителе – приросты в 2011, в знаменателе – в 2012 годы.

Повреждение стволиков над уровнем снегового покрова проявлялось в виде трещин и морозобоин. Отростание растений наблюдалось в мае от корневой шейки, у некоторых особей чуть выше. Подмерзание верхушечных почек в период их разворачивания или расправления листочков, повреждение развернувшихся листьев весенними заморозками не наблюдалось. Регенерационная способность боковых спящих почек всех сортов достаточно хорошо развита.

Оценивая поведение сортов *Zizyphus jujuba* в засушливых условиях можно констатировать, что адаптация растительных организмов к новым условиям обитания происходит на всех уровнях организации: клеточном, организменном, популяционном.

Под действием неблагоприятных факторов проницаемость клеточных мембран изменяется. Поэтому одним из показателей способности поддержания гомеостаза служит состояние коллоидно-осмотических свойств протоплазмы.

В нашем эксперименте в условиях жесткой засухи, когда температура окружающей среды повышалась до 40 °С, а относительная влажность воздуха снижалась до 15%, недостаток влаги привёл к отбуханию протоплазмы, что способствовало повреждению протоплазматических структур. При одном и том же времени завядания листья сортов с высокой водоудерживающей способностью увеличивают выход электролитов в меньшей степени, чем листья сортов с более низкой водоудерживающей способностью.

Результаты эксперимента позволили распределить сорта *Zizyphus jujuba* по степени засухоустойчивости на три группы: с высокой (1,6–1,98); средней (3,1–3,6); низкой степенью (4,2–4,7).

В I группу объединены мелкоплодные сорта *Zizyphus jujuba* (Сочинский, Темрюкский). Среднеплодные сорта

(Дружба, Финик) вошли во II группу. Крупноплодные сорта Та-Ян-Цзао и Южанин с относительным выходом электролитов 4,2 – 4,7 отнесены к III группе. В условиях Волгоградской области лучшим ростом и высокими адаптационными свойствами характеризуются растения I группы (мелкоплодные сорта). У средне- и крупноплодных сортов отмечен более медленный рост. Данный метод приемлем для быстрого проведения сравнительной оценки засухоустойчивости растений, и способствует решению задач ресурсосбережения путем применения наиболее адаптированных сортов, а также для управления режимом орошения в экстремально засушливые периоды года.

В Нижнем Поволжье при часто повторяющихся засухах у растений с возрастом вырабатываются структурные приспособления, которые способствуют повышению устойчивости видов к неблагоприятным условиям среды. С увеличением возраста уменьшается показатель относительного выхода электролитов, возрастает структурная устойчивость. Под действием значительной сухости воздуха и высокой температуры повышается ксероморфность растений, как важный показатель их адаптации к аридным условиям [7].

У растений утолщаются листовые пластинки и клеточные оболочки эпидермиса, развивается более мощная кутикула, увеличивается число слоев палисадной ткани или наблюдается удлинение ее клеток, образуется рыхлый мезофилл. По сравнению с образцами из Краснодарского края, анатомические структуры листьев сортов, произрастающих длительное время (15 лет) в сухой степи, отличаются преобладанием палисадной ткани над губчатой.

Экспериментальные исследования показали, что разнообразные структурные приспособления защитного характера, направленные на сокращение расходов воды у *Zizyphus jujuba*, в основном сводятся к следующим: общее сокращение транспирирующей поверхности за счёт

уменьшения листовой поверхности и усиленное развитие механической ткани.

Полученные данные подтверждаются многолетними наблюдениями за ростом и развитием различных сортов *Zizyphus jujuba* в коллекции. Ростовые процессы проходят при достаточном водоснабжении растений, когда обеспечивается высокая степень насыщения протоплазмы водой. Именно ростовые процессы признаны наиболее совершенной системой саморегуляции.

Приспосабливаясь к засушливым условиям древесные виды изменяют ритм своего роста и развития. Анализ типичных и отклоняющихся фенологических дат в пределах вегетационного периода дает возможность оценить адаптивное состояние исследуемых растений.

Мелкоплодные и среднеплодные сорта в условиях светло-каштановых почв заканчивают вегетацию на полмесяца раньше. Сроки прохождения фенологических фаз всех сортов сближены, особенно в начальный период вегетации, что связано с быстрым нарастанием положительных температур весной и летом.

Изучение динамики фенологического развития дает

представление о степени успешности адаптации. Фенодинамические процессы изучались в течение десяти вегетационных сезонов. Для прогнозирования типичных и отклоняющихся сроков прохождения фенофаз вычислено распределение плотности вероятностей (РПВ) фенодат. Оно проверено на достоверность на 95%-ном уровне значимости с помощью статистических методов (табл. 3).

Данные свидетельствуют о том, что для наиболее адаптированных к воздействию низких температур, свойственно преобладание фенодат, имеющих распределение плотности вероятностей 1–3 классов. С увеличением возраста у изученных сортов происходит увеличение количества фенодат, характеризующихся РПВ 1–3 классов размерности.

Для каждого организма и в целом для сорта и вида имеется свой оптимум условий и степень выносливости. Чем шире диапазон колебания экологических факторов, в пределах которых данный вид (сорт) может существовать, тем больше его экологическая пластичность и выше степень адаптации. С возрастом происходит адаптация растений к экстремальным условиям существования (рис. 1).

Таблица 3.

Закономерности распределения фенодат *Zizyphus jujuba* в зависимости от сортовой принадлежности.

Сорта	Количество фенодат, %		
	РПВ 1-3 класса	РПВ 4-6 класса	РПВ 7-11 класса
Крупноплодные (Та-ян-цзао, Южанин)	53 51	39 38	8 11
Среднеплодные (Дружба, Финик)	66 65	31 31	3 4
Мелкоплодные (Сочинский, емрюкский)	74 73	24 25	2 2

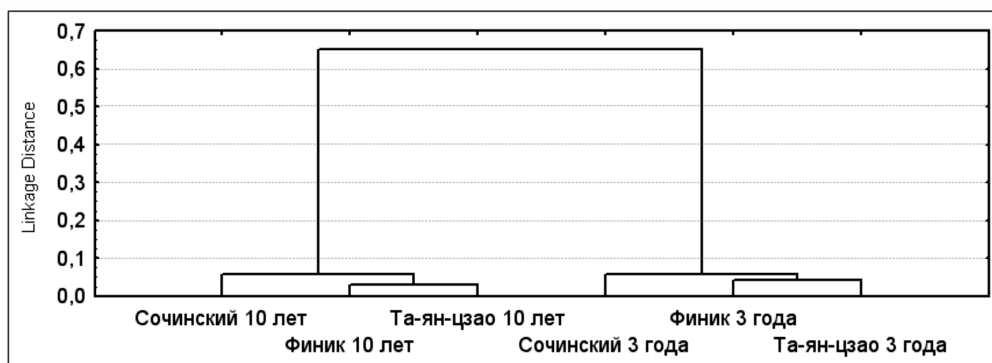


Рисунок 1. Дендрограмма сходства сортов *Zizyphus jujuba* по уровню адаптации к низким температурам на основе Евклидовых расстояний.

Растения в десятилетнем возрасте по рассматриваемым фенологическим характеристикам являются более адаптированными, чем трёхлетние образцы.

При подборе сортов следует уделять внимание возможному влиянию всего комплекса неблагоприятных факторов. В условиях Кубанских и Ставропольских предгорий установлена выносливость этой культуры к морозу до -30°C . Имеются сведения о низкой зимостойкости в Нижнем Поволжье однолетних сортообразцов унаби, которые подмерзли до уровня снегового покрова в суровую зиму 1998/99 гг., а весной следующего года успешно отрасли и нормально развивались [5].

У крупноплодных сортов (Та-ян-цзао) унаби есть опасность повреждения осенними заморозками из-за более длительного периода вегетации. В основе повреждений лежат градиентные нарушения температуры и оводненности побегов, которые происходят вследствие незавершения вегетационного процесса. У мелкоплодных сортов (Сочинский, Темрюкский) раньше завершается рост и одревеснение годичных побегов, короче продолжительность роста побегов и период вегетации, поэтому растения этой группы имеют адаптивные преимущества.

Заложение цветочных почек у *Zizyphus jujuba* в новых условиях произрастания происходит в год цветения, в период роста годичных побегов в длину, обычно в июне-июле.

Цветение у *Zizyphus jujuba* приурочено к периоду со среднесуточной температурой воздуха $22-24^{\circ}\text{C}$. Опыление цветков проходило благополучно при относительной влажности воздуха 35–45% [5]. Продолжительность цветения – от 10 до 15 дней.

В условиях сухой степи при хорошем световом и тепловом режимах закладывалось большое количество генеративных почек, что имело влияние на дальнейшую плодую и семенную продуктивность.

Чем продолжительней вегетационный период и выше среднесуточные температуры, тем более вероятна высокая урожайность. Наблюдения показали, что для высокой продуктивности унаби в Нижнем Поволжье требуется сумма активных температур (выше 10°C) в период от цветения до созревания плодов в зависимости от сорта от 2200°C до 2500°C . Период созревания плодов в зависимости от сорта длится с первой декады октября до начала ноября. Есть опасность повреждения плодов осенними заморозками. Унаби формируют урожай как на плодоносящих побегах, размещенных на старой многолетней древесине, так и на приростах текущего года. Основная часть урожая у всех сортов созревает на 2–3 недели раньше, чем плоды поздноцветущего прироста.

Урожай поздних сортов (Та-ян-цзао, Южанин) следует использовать для приготовления цукатов или маринованных плодов.

В плодах сортов Сочинский, Темрюкский самое высокое содержание аскорбиновой кислоты (739,4 и 740,3 мг %). Меньшим содержанием витамина С характеризуются плоды крупноплодных сортов Та-ян-цзао и Южанин. Самое низкое содержание аскорбиновой кислоты из изученных образцов обнаружено у среднеплодных сортов Дружба и Финик (408,3 и 413,3 мг %).

Плоды изученных сортов содержат около 70 мг % витамина Р. Самое высокое содержание рутина (около 72 мг %) в плодах сортов Сочинский и Та-ян-цзао. Наименьшее содержание витамина Р в плодах сортов Южанин и Темрюкский (70,4 и 70,8 мг %). Средним содержанием рутина из изученных сортов характеризуются Дружба и Финик (68,6 и 69,4 мг %). Установлено, что в зрелых плодах унаби содержится 24,8 – 30,4 % общего сахара. Самое высокое его количество обнаружено в плодах крупноплодных сортов: Та-ян-цзао, Южанин (28,3 и 30,4%); меньшее содержание сахара имеют плоды среднеплодных сортов: Дружба, Финик (26,6 и 27,4%). Из изученных сортов меньшим содержанием сахара характеризуются сорта Сочинский и Темрюкский.

Плоды унаби содержат около 30% сахара, значительное количество аскорбиновой кислоты и Р-активных соединений, а также белки, значительное количество железа, кобальта, йода [5]. В варьирующих метеорологических условиях растения устойчиво формируют высокий урожай [16–17]. В условиях Нижнего Поволжья плоды в биологической продуктивности надземной массы унаби достигают значительных величин – от 30 до 40% и имеют различную форму и величину. Масса плодов крупноплодных сортов около 20 г, а мелкоплодных 3 – 4 г.

Для успешной выживаемости в конкретном ареале растения должны обладать высокой выносливостью, широкой амплитудой реакций с учетом использования адаптивных технологий возделывания и размещения культуры [4].

Испытанные сорта унаби имеют потенциальные возможности в условиях засушливого лета. Главный лимитирующий фактор, определяющий их распространение это устойчивость к низким температурам. При моделировании условий произрастания с учетом эдафических и агрографических факторов испытанные сорта могут найти применение в частном садоводстве и озеленительных посадках.

На высокие адаптивные возможности мелкоплодных сортов и сортосмеси указывает наличие самосева. При выращивании саженцев в условиях питомников приме-

нение ресурсосберегающей технологии обеспечивает снижение расходов на полив с минимальными затратами ручного труда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Северная граница культивирования унаби (Нижнее Поволжье) отличается частым повторением засух, суховеев, морозных зим, недостаточным количеством осадков. Эти факторы лимитируют рост и развитие насаждений и требуют тщательного подбора древесных видов и сортов.

На светло-каштановых почвах интродуцированы шесть сортов *Zizyphus jujuba*, полученных из Всероссийского НИИ цветоводства и субтропических культур, произрастающих в коллекциях Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института. В результате изучения их роста и развития выявлены осенние и зимние повреждения. В основе повреждений лежат градиентные нарушения температуры и оводненность побегов, которые происходят вследствие незавершения вегетационного процесса. Уровень адаптации растений повышался с увеличением возраста.

Все сорта унаби формируют урожай как на плодоносящих побегах, размещенных на старой многолетней древесине, так и на приростах текущего года. В связи с изменчивостью климатических факторов района исследований есть опасность повреждения плодов крупноплодных сортов (Та-Ян-Цзао, Южанин) осенними заморозками.

Среднеплодные и мелкоплодные сорта с более ранними сроками созревания и более высокими адаптационными способностями пригодны для более широкого использования. Растения сорта Дружба рекомендуются из-за хороших декоративных свойств в озеленительные насаждения. Полученные материалы по оценке биологического потенциала *Zizyphus jujuba* в условиях Волгоградской области дают возможность рекомендовать, как наиболее устойчивые, мелкоплодные сорта (Сочинский, Тёмрюкский) для многофункциональных насаждений деградированных ландшафтов засушливого региона.

Получены экспериментальные данные по биохимическому составу плодов крупноплодных, среднеплодных и мелкоплодных сортов в новых условиях произрастания, они будут востребованы для нужд медицины, парфюмерии, пищевой промышленности.

С этой точки зрения унаби можно рассматривать как перспективный объект благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты (413–740,3 мг %). Было установлено содержание в плодах биофлавоноидов. Плоды изученных сортов содержат около 70 мг % витамина Р. Установлено, что в зрелых плодах унаби содержится 24,8 – 30,4 % общего сахара.

Изученные сорта представляют большую научно-практическую ценность в качестве ассортимента пород многоцелевого назначения, перспективных для оптимизации лесомелиоративных насаждений, для применения в фармацевтической промышленности, плодоводстве и озеленении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes / A.V. Semenyutina, S.M. Kostyukov. – Accent graphics communications. – Montreal, QC, Canada, 2013. – 164 p.
2. Дендрофлора лесомелиоративных комплексов / А.В. Семенютина: монография под ред. И. П. Свинцова. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 266 с.
3. Ксенофонтова, Д.В. Перспективы возделывания унаби в условиях Краснодарского края / Д.В. Ксенофонтова, Л.В. Первицкая // Сб. статей. – Майкоп, Сочи, 1994. – С. 96–111.
4. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны / А.В. Семенютина [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 57 с.
5. Свинцов И.П. Оценка биоэкологического потенциала / И.П. Свинцов, В.А. Семенютина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, №3(31), 2013. – С. 29–34.
6. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Костюков С.М. Генофонд кустарников для зеленого строительства. – Москва: Наука. Мысль, 2016. – 238 с.
7. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Кулик Д.К., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Костюков С.М., Дрепина О.И. Методология использования биоразнообразия кустарников в "зеленых технологиях" аридных регионов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия "Естественные и технические науки" –2014, – №11–12, – С. 36–45.