

УДК 574.24; 615.322

## БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО, СОБРАННОГО В РАЙОНАХ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ АНТРОПОГЕННУЮ НАГРУЗКУ

Н.А. Дьякова<sup>1\*</sup>, А.А. Мындра<sup>1</sup>, А.И. Сливкин<sup>1</sup>

**Резюме.** Изучена взаимосвязь между накоплением тяжелых металлов и водорастворимых полисахаридов в корнях одуванчика лекарственного, собранного на территории Воронежской области в естественных биогеоценозах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Результаты исследования отобранных образцов корней одуванчика лекарственного показывают в целом экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Неудовлетворительными по содержанию мышьяка признаны лишь два образца, собранные вблизи теплоэлектростанции «ВОГРЭС» и химического предприятия ООО «Бормаш». На накопление водорастворимых полисахаридов корней одуванчика лекарственного тяжелые металлы выраженного влияния не оказывают.

**Ключевые слова:** Центральное Черноземье, одуванчик лекарственный, тяжелые металлы, водорастворимые полисахариды.

**SAFETY AND EFFICIENCY OF MEDICINAL VEGETABLE RAW MATERIALS OF THE *TARAXACUM OFFICINALE*, COLLECTED IN THE DISTRICTS EXPERIENCING THE ANTHROPOGENIC STRAIN**

N.A. Dyakova<sup>1\*</sup>, A.A. Mundra<sup>1</sup>, A.Y. Slivkin<sup>1</sup>

**Abstract.** The interrelation between accumulation of serious metals and water-soluble polysaccharides in roots of a *Taraxacum officinale*, collected in the territory of the Voronezh region in the natural biogeocenoses which are influenced various anthropogenic influence is studied. Results of a research of the selected samples of roots of a dandelion medicinal show, in general, ecologically safe condition of the studied medicinal vegetable raw materials. On the content of arsenic only two samples which are brought together close combined heat and power plants of «VOGRES» and the chemical company LLC «Bormash» are recognized as unsatisfactory. On accumulation of water-soluble polysaccharides of roots of a *Taraxacum officinale* serious metals don't exert the expressed impact.

**Keywords:** Central Black Earth, *Taraxacum officinale*, heavy metals, water-soluble polysaccharides.

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

1 – Voronezh State University, 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394006, Russia

\* адресат для переписки:

E-mail: office@main.vsu.ru

Ninotchka\_V89@mail.ru

### ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным представлениям оценка безопасности лекарственного растительного сырья должна учитывать все потенциальные факторы риска, специфичные для данной группы лекарственных средств [1]. Основная часть заготовок лекарственного растительного сырья традиционно сосредоточена в европейской части России, причем в ее самых населенных и промышленно освоенных регионах, в частности в Центральном Черноземье [2, 3]. При этом большинство эксплуатируемых ресурсов дикорастущих лекарственных растений расположено в зоне активной хозяйственной деятельности человека [4].

Целью исследования являлось изучение взаимосвязи между накоплением тяжелых металлов и водорастворимых полисахаридов в корнях оду-

ванчика лекарственного, собранного на территории Воронежской области в естественных биогеоценозах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Актуальность данного исследования заключается в научной оценке влияния экотоксикантов на живые организмы вообще и на лекарственное растительное сырье в частности [5].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований в рамках Воронежской области как среднестатистической области Центрального Черноземья нами на основе уже имеющегося литературного и картографического обзора были выбраны точки отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропоген-

ного воздействия на него (рисунок 1): химические предприятия ООО «Сибур» (28), ОАО «Минудобрения» (23), ООО «Бормаш» (24); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) «ВОГРЭС» (27); Нововоронежская атомная электростанция (АЭС) (8); Воронежский аэропорт (30); улица города (улица Ленинградская) (31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); Воронежское водохранилище (29); города с развитой легкой промышленностью [Калач (26), Борисоглебск (25)]; зона предполагаемой добычи никеля (4); зоны активной сельскохозяйственной деятельности с внесением большого количества удобрений [Лискинский (10), Ольховатский (11), Подгоренский (12), Петропавловский (13), Грибановский (14), Хохольский (15), Новохоперский (16), Репьевский (17), Воробьевский (18), Панинский (19), Эртильский (20), Верхнехавский (21), Россошанский (22) районы]; а также зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС [Нижедневицкий (5), Острогожский (6), Семилукский (7) районы]; в качестве сравнения – заповедная зона [Воронежский биосферный заповедник (1), Хоперский государственный природный заповедник в Новохоперском районе (2) и в Борисоглебском районе (3)]. Кроме того, большое внимание уделено нами лекарственному растительному сырью, произрастающему вблизи автомобильных и железнодорожных дорог. Отборы образцов проводились вдоль дорог и на расстоянии 100, 200, 300 м от дороги. Рассматривались разные природные зоны: лесная зона (Рамонский район) (32-35), лесостепь (Аннинский район) (36-39), степь (Павловский район) (40-43), где имеются крупные транспортные развязки трассы М4 «Дон», А144 Курск–Саратов. Также рассмотрены нескоростная автомобильная дорога (Богучарский район) (44-47) и железная дорога (Рамонский район) (48-51).

В качестве объекта исследования решено было использовать корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) – лекарственного растительного сырья, собираемого, как правило, от дикорастущих организмов, являющихся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и урбанофлоры. Водорастворимые полисахариды (ВРПС) являются основной группой биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного и обладают сахароснижающим, иммуностимулирующим, диуретическим, пребиотическим, сорбирующим, прокинетическим и противоопухолевым действием [6, 7].

Анализ образцов лекарственного растительного сырья, отобранного на территории Воронежской области, проводили с использованием аналитического комплекса на базе атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915МД («Люмекс», Россия). Взвешивание осуществляли с точностью до 0,0001 г на аналитических весах A&D GH-202 (AND, Япония). В изучаемых образцах определяли содержание свинца, кадмия, ртути, мышьяка, так как именно эти элементы нормируются в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных

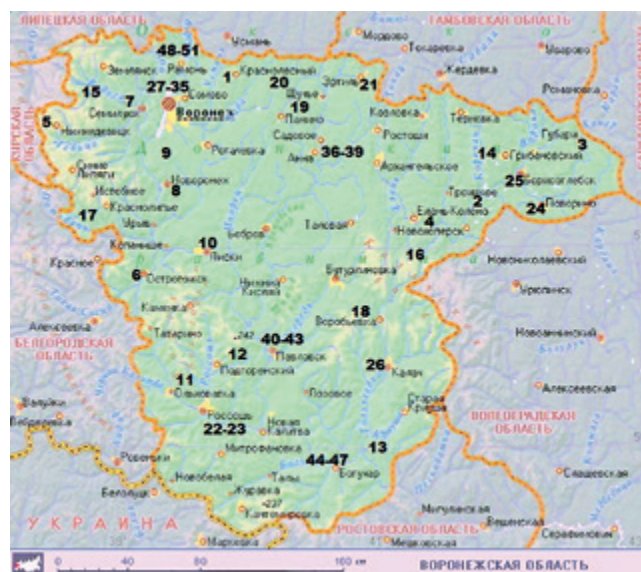


Рисунок 1. Карта отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья (обозначения расшифрованы в тексте)

препаратах, а также в сельскохозяйственной продукции и других продуктах питания [8]. Кроме того, определяли содержание никеля, так как Воронежская область рассматривается как перспективный источник этого токсичного элемента.

Содержание ВРПС определяли по ранее разработанной экспрессной методике с применением ультразвуковой ванны «Град 40-35» («Град-Технолоджи», Россия) [9]. Сырье измельчали до 0,2–0,5 мм, около 1 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 10 мл кипящей воды очищенной, помещали в ультразвуковую ванну с частотой 35 КГц при температуре 80 °С, экстрагировали 40 мин. Экстракцию повторяли ещё 2 раза, прибавляя по 10 мл воды. Водные извлечения объединяли и фильтровали в мерную колбу вместимостью 50 мл через 10 слоев марли, фильтр промывали водой и доводили объём раствора до метки (раствор А). 5 мл раствора А помещали в коническую колбу объемом 25 мл, доводили 95% спиртом этиловым до метки, перемешивали, охлаждали в морозильной камере при температуре –18 °С в течение 1 ч. Затем содержимое колбы фильтровали через предварительно высушенный и взвешенный беззольный бумажный фильтр, проложенный в стеклянный фильтр ПОР 16 с диаметром 40 мм, под вакуумом (0,4–0,8 атм). Фильтр с осадком сушили при температуре 100–105 °С до постоянной массы [9]. Содержание ВРПС вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 100000}{m \cdot (100 - W)}, \quad (2)$$



Аналитические весы A&D GH-202

где  $m_1$  – масса высушенного фильтра, г;  $m_2$  – масса высушенного фильтра с осадком, г;  $m$  – навеска сырья, г;  $W$  – потеря в массе сырья при высушивании, %.

Разница в результатах количественного определения ВРПС в корнях одуванчика лекарственного по ранее имеющимся методикам ( $30,01 \pm 0,67\%$ ) и по предложенной ( $32,89 \pm 0,32\%$ ) составила 2,88% [6]. Используемая методика значительно ускоряет процесс извлечения ВРПС (время количественного анализа корней одуванчика лекарственного на содержание ВРПС не превышает 3,5 ч) и увеличивает по сравнению с другими методами экстрагирования выход основного продукта в среднем на 10% [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований отобранных образцов лекарственного растительного сырья на содержание тяжелых металлов и ВРПС приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание тяжелых металлов и ВРПС  
в изучаемых образцах

| № п/п | Район сбора                                         | Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг |       |      |      |      | Содержание ВРПС, % |
|-------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|------|------|------|--------------------|
|       |                                                     | Pb                                         | Hg    | Cd   | As   | Ni   |                    |
| 1.    | Воронежский биосферный заповедник                   | 1,87                                       | 0,003 | 0,03 | 0,12 | 0,93 | 32,89              |
| 2.    | Хоперский заповедник                                | 1,76                                       | 0,004 | 0,04 | 0,09 | 0,87 | 31,17              |
| 3.    | Борисоглебский район (Губари)                       | 1,49                                       | 0,003 | 0,02 | 0,10 | 0,67 | 33,10              |
| 4.    | Елань-Колено                                        | 1,10                                       | 0,004 | 0,04 | 0,12 | 1,03 | 28,59              |
| 5.    | Нижедевицк                                          | 1,94                                       | 0,004 | 0,06 | 0,11 | 1,74 | 29,81              |
| 6.    | Острогожск                                          | 2,53                                       | 0,003 | 0,09 | 0,17 | 1,35 | 26,47              |
| 7.    | Семилуки                                            | 2,82                                       | 0,005 | 0,11 | 0,20 | 1,72 | 25,90              |
| 8.    | Нововоронеж                                         | 1,12                                       | 0,004 | 0,12 | 0,14 | 1,60 | 28,43              |
| 9.    | Воронеж – Нововоронеж (ВЛЭ)                         | 2,35                                       | 0,003 | 0,16 | 0,20 | 2,13 | 18,52              |
| 10.   | Лискинский район                                    | 2,63                                       | 0,003 | 0,07 | 0,13 | 1,20 | 23,38              |
| 11.   | Ольховатский район                                  | 0,95                                       | 0,004 | 0,09 | 0,20 | 1,58 | 29,63              |
| 12.   | Подгоренский район                                  | 1,71                                       | 0,005 | 0,05 | 0,19 | 1,83 | 25,72              |
| 13.   | Петропавловский район                               | 2,74                                       | 0,003 | 0,07 | 0,12 | 1,82 | 23,16              |
| 14.   | Грибановский район                                  | 2,72                                       | 0,004 | 0,12 | 0,15 | 0,91 | 23,53              |
| 15.   | Хохольский район                                    | 1,49                                       | 0,003 | 0,08 | 0,21 | 1,96 | 24,46              |
| 16.   | Новохоперский район                                 | 1,34                                       | 0,003 | 0,10 | 0,23 | 1,28 | 21,74              |
| 17.   | Репьевский район                                    | 1,51                                       | 0,003 | 0,13 | 0,20 | 1,83 | 25,23              |
| 18.   | Воробьевский район                                  | 1,08                                       | 0,004 | 0,15 | 0,15 | 2,03 | 27,31              |
| 19.   | Панинский район                                     | 3,02                                       | 0,004 | 0,17 | 0,22 | 1,29 | 19,64              |
| 20.   | Верхнехавский район                                 | 3,63                                       | 0,003 | 0,11 | 0,25 | 1,92 | 28,29              |
| 21.   | Эртиль                                              | 3,73                                       | 0,005 | 0,10 | 0,12 | 1,70 | 29,60              |
| 22.   | Россошанский район                                  | 2,84                                       | 0,004 | 0,09 | 0,21 | 1,98 | 21,65              |
| 23.   | Россошь (химическое предприятие ОАО «Минудобрения») | 3,83                                       | 0,006 | 0,15 | 0,43 | 2,85 | 30,53              |
| 24.   | Поворино                                            | 4,83                                       | 0,006 | 0,18 | 0,56 | 4,14 | 31,53              |

Продолжение табл. 1

| № п/п | Район сбора                                                                       | Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг |       |      |      |      | Содержание ВРПС, % |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|------|------|------|--------------------|
|       |                                                                                   | Pb                                         | Hg    | Cd   | As   | Ni   |                    |
| 25.   | Борисоглебск                                                                      | 2,85                                       | 0,005 | 0,15 | 0,21 | 2,36 | 26,30              |
| 26.   | Калач                                                                             | 3,04                                       | 0,005 | 0,12 | 0,21 | 2,80 | 30,35              |
| 27.   | Вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС»                                              | 2,10                                       | 0,005 | 0,14 | 0,68 | 2,91 | 24,78              |
| 28.   | Вблизи химического предприятия по производству синтетического каучука ООО «Сибур» | 3,09                                       | 0,005 | 0,09 | 0,24 | 2,68 | 26,76              |
| 29.   | Вдоль низовья Воронежского водохранилища                                          | 2,04                                       | 0,004 | 0,13 | 0,21 | 2,07 | 22,62              |
| 30.   | Вблизи периметрового ограждения Воронежского аэропорта                            | 4,36                                       | 0,006 | 0,14 | 0,23 | 2,57 | 31,42              |
| 31.   | Улица города                                                                      | 2,39                                       | 0,005 | 0,12 | 0,25 | 2,85 | 25,32              |
| 32.   | Вдоль трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)                                 | 3,27                                       | 0,006 | 0,17 | 0,27 | 3,83 | 28,75              |
| 33.   | 100 м от трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)                              | 2,53                                       | 0,006 | 0,17 | 0,25 | 3,06 | 27,21              |
| 34.   | 200 м от трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)                              | 1,95                                       | 0,004 | 0,11 | 0,18 | 2,98 | 25,64              |
| 35.   | 300 м от трассы М4 (смешанный лес) (Рамонский район)                              | 1,37                                       | 0,004 | 0,10 | 0,19 | 2,02 | 25,38              |
| 36.   | Вдоль трассы А144 (лесостепь) (Анна)                                              | 2,80                                       | 0,005 | 0,12 | 0,24 | 3,35 | 26,39              |
| 37.   | 100 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)                                           | 2,46                                       | 0,006 | 0,04 | 0,18 | 2,94 | 25,31              |
| 38.   | 200 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)                                           | 2,02                                       | 0,006 | 0,03 | 0,14 | 2,78 | 26,11              |
| 39.   | 300 м от трассы А144 (лесостепь) (Анна)                                           | 1,49                                       | 0,005 | 0,03 | 0,12 | 2,34 | 26,04              |
| 40.   | Вдоль трассы М4 (степная зона) (Павловск)                                         | 2,50                                       | 0,006 | 0,13 | 0,16 | 2,73 | 25,19              |
| 41.   | 100 м от трассы М4 (степная зона) (Павловск)                                      | 2,15                                       | 0,006 | 0,09 | 0,15 | 2,32 | 24,50              |
| 42.   | 200 м от трассы М4 (степная зона) (Павловск)                                      | 1,74                                       | 0,005 | 0,10 | 0,12 | 1,73 | 24,10              |
| 43.   | 300 м от трассы М4 (степная зона) (Павловск)                                      | 1,86                                       | 0,005 | 0,08 | 0,11 | 1,47 | 24,03              |
| 44.   | Вдоль нескоростной автомобильной дороги (Богучар)                                 | 1,47                                       | 0,004 | 0,09 | 0,20 | 2,17 | 25,35              |
| 45.   | 100 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)                              | 1,13                                       | 0,003 | 0,08 | 0,20 | 2,04 | 23,84              |
| 46.   | 200 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар)                              | 1,04                                       | 0,003 | 0,08 | 0,15 | 1,73 | 23,65              |

Окончание табл. 1

| № п/п                           | Район сбора                                          | Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг |       |      |      |      | Содержание ВРПС, % |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|------|------|------|--------------------|
|                                 |                                                      | Pb                                         | Hg    | Cd   | As   | Ni   |                    |
| 47.                             | 300 м от нескоростной автомобильной дороги (Богучар) | 1,17                                       | 0,003 | 0,08 | 0,15 | 1,28 | 24,81              |
| 48.                             | Вдоль железной дороги (Рамонский район)              | 2,64                                       | 0,004 | 0,13 | 0,37 | 2,84 | 27,40              |
| 49.                             | 100 м от железной дороги (Рамонский район)           | 1,94                                       | 0,005 | 0,09 | 0,32 | 2,52 | 24,84              |
| 50.                             | 200 м от железной дороги (Рамонский район)           | 1,73                                       | 0,004 | 0,05 | 0,25 | 2,24 | 25,49              |
| 51.                             | 300 м от железной дороги (Рамонский район)           | 1,52                                       | 0,004 | 0,05 | 0,20 | 2,36 | 24,62              |
| Среднее для Воронежской области |                                                      | 2,35                                       | 0,004 | 0,10 | 0,21 | 1,97 | 26,21              |
| ПДК [3]                         |                                                      | 6,0                                        | 0,1   | 1,0  | 0,5  | –    | –                  |

Результаты исследования отобранных образцов корней одуванчика лекарственного показывают в целом экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья. Из 51 отобранного образца неудовлетворительными признаны лишь 2: собранные вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС» и ООО «Бормаш» (Поворино), – в них превышено содержание мышьяка [8].

Содержание ВРПС в корнях одуванчика лекарственного, определяемое по разработанной нами методике, варьирует в диапазоне от 18,52 до 33,10%. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что заметного влияния на накопление этой группы соединений антропогенное воздействие не оказывает: образцы, собранные в экологически благоприятных зонах, мало отличаются по количественному содержанию ВРПС от образцов из экологически неблагополучных районов. Для детального анализа влияния содержания в растениях тяжелых металлов на накопление биологически активных веществ были рассчитаны коэффициенты корреляции (таблица 2) [10].

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции между содержанием тяжелых металлов и ВРПС в корнях одуванчика лекарственного

| Коэффициенты корреляции |       |        |        |        |
|-------------------------|-------|--------|--------|--------|
| Свинец                  | Ртуть | Кадмий | Мышьяк | Никель |
| 0,23                    | 0,24  | –0,13  | 0,06   | 0,08   |

По данным таблицы 2 можно судить об отсутствии влияния изучаемых тяжелых металлов на накопление ВРПС в корнях одуванчика лекарственного.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования отобранных образцов корней одуванчика лекарственного показывают в целом экологически благополучное состояние изучаемого лекарственного растительного сырья: лишь образцы, собранные вблизи теплоэлектроцентрали «ВОГРЭС» и ООО «Бормаш», забракованы по содержанию в них мышьяка. На накопление ВРПС корней одуванчика лекарственного определяемые тяжелые металлы выраженного влияния не оказали: образцы, собранные в экологически благоприятных зонах, мало отличаются по количественному содержанию ВРПС от образцов из экологически неблагополучных районов.

## ЛИТЕРАТУРА

- И.В. Гравель, Г.П. Яковлев, Н.В. Петров. Содержание тяжелых металлов в сырье некоторых лекарственных растений, произрастающих в условиях атмосферного загрязнения (Республика Алтай) // Растительные ресурсы. 2000. Т. 36. Вып. 3. С. 99–106.
- Н.А. Великанова. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья (на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях города Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Воронеж: ВГУ, 2013. 21 с.
- Н.А. Великанова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин. Оценка экологического состояния почв и лекарственного растительного сырья (травы горца птичьего и листьев подорожника большого) по содержанию тяжелых металлов в городе Воронеже и его окрестностях // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2012. № 2. С. 238–244.
- С.П. Гапонов и др. Изучение содержания водорастворимых полисахаридов в листьях подорожника большого, произрастающего в городе Воронеже и его окрестностях // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы 5-й Международной научно-методической конференции «Фармобразование-2013». – Воронеж, 2013. С. 251–254.
- Н.А. Великанова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа – LAMBERT Academic Publishing, 2013. 211 с.
- Н.А. Дьякова и др. Изучение динамики изменения содержания инулина в корнях лопуха большого (*Arctium lappa* L.) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Webb.) в процессе вегетации // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2016. № 4. С. 133–136.
- Т.Г. Шушунова и др. Выделение инулина из корней одуванчика лекарственного с использованием ультразвука // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы 6-й Международной научно-методической конференции «Фармобразование-2016». – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2016. С. 609–612.
- Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. Т. 1. – М.: ФЭМБ, 2015. 1470 с.
- Патент РФ № 2635996. Способ получения водорастворимых полисахаридов из корней одуванчика лекарственного / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра; патентообладатель Воронежский государственный университет. – Заявл. 13.04.16; опубл. 17.11.17.
- Общая теория статистики: Учебник / Под ред. Р.А. Шмойловой. – Москва: Финансы и Статистика, 2004. 656 с.