



**№ 4/2017**

**IN THE ISSUE:**

**DEVELOPMENT OF GEO-SERVICES**



**MODELING OF UTILIZATION OF  
SUBSOIL IN THE EXTRACTION OF ORES**



**IMPROVEMENT OF WEAR  
RESISTANCE OF WORKING BODIES OF  
TILLERS, MADE OF CAST IRON**



**INFLUENCE OF VARIOUS SOIL  
PROCESSING METHODS ON THE  
PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER**



**THE NEW BUSINESS MODEL AS A  
WAY TO CONSTRUCTION ENTERPRISE  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT**



**RUDN  
university**

**GeoScience**  
SCIENTIFIC JOURNAL

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ / EDITORIAL BOARD****Петр Докукин / Peter Dokukin**

главный редактор, кандидат технических наук (Россия) / Chief Editor, PhD in Geodesy (Russia)

**Владимир Владимиров / Vladimir Vladimirov**

кандидат геолого-минералогических наук (Россия) / PhD in Geological and Mineralogical Science (Russia)

**Иоаннис Гитас / Ioannis Gitas**

PhD, профессор (Греция) / Head of Editorial Council, PhD in GIS (Greece)

**Радим Гарецкий / Radim Garetsky**

академик РАН, академик НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук, профессор (Республика Беларусь) / Academician of RAS, Academician of National Academy of Science of Belarus, Doctor of Geological and Mineralogical Science, professor (Belarus)

**Ксения Докукина / Ksenia Dokukina**

кандидат геолого-минералогических наук (Россия) / PhD in Geological and Mineralogical Science (Russia)

**Юрий Ерохин / Yuriy Erokhin**

кандидат геолого-минералогических наук (Россия) / PhD in Geological and Mineralogical Science (Russia)

**Эй-Хсинг Жу / A-Xing Zhu**

PhD, профессор (США) / PhD, professor (USA)

**Михаил Кабан / Mikhail Kaban**

доктор физико-математических наук (Германия) / Doctor of Science (Germany)

**Александр Карпик / Aleksandr Karpik**

доктор технических наук, профессор (Россия) / Doctor of Technical Science, professor (Russia)

**Владимир Кафтан / Vladimir Kaftan**

доктор технических наук (Россия) / Doctor of Technical Science (Geoinformatics) (Russia)

**Сергей Лебедев / Sergey Lebedev**

доктор физико-математических наук (Россия) / Doctor of Science (Russia)

**Юджин Левин / Eugene Levin**

PhD, доцент (США) / PhD, Associate Professor, (USA)

**Василий Малинников / Vasilii Malinnikov**

доктор технических наук, профессор (Россия) / Doctor of Technical Science (Geodesy), professor (Russia)

**Михаил Минц / Michail Mints**

доктор геолого-минералогических наук (Россия) / Doctor of Geological and Mineralogical Science (Russia)

**Анатолий Певнев / Anatoly Pevnev**

доктор технических наук, профессор (Россия) / Doctor of Technical Science, professor (Russia)

**Вадим Плющиков / Vadim Plyushikov**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия) / Doctor of Agriculture Science, professor (Russia)

**Александр Прищепов / Alexandr Prishchepov**

PhD, доцент (Дания) / PhD, Associate Professor (Denmark)

**Игорь Савин / Igor Savin**

член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия) / Corresponding member of RAS, Doctor of Agriculture Science (Russia)

**Виктор Савиных / Victor Savinykh**

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор (Россия) / Corresponding member of RAS, Doctor of Technical Science (Geodesy), professor (Russia)

**Сергей Харченко / Sergey Kharchenko**

доктор физико-математических наук, профессор (Россия) / Doctor of Physical and Mathematician Science, Professor (Russia)

**РЕДАКЦИЯ / TECHNICAL BOARD****Петр Докукин / Peter Dokukin****Владимир Кафтан / Vladimir Kaftan****Гаик Аتماчьян / Gaik Atmachyan****Артемий Алексеев / Artemiy Alexeev****Антон Поддубский / Anton Poddubsky****Денис Парпура / Denis Parpura**

Свидетельство Роскомнадзора Эл№Фс77-44805 от 29.04.2011

ISSN: 2223-0831

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования

Учредители (издатели): РУДН, ООО «ГеоДозор», Россия, Москва

Издается совместно с Российским университетом дружбы народов

Почтовый адрес редакции: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8 кор. 2, каб. 445

Электронный адрес: <http://geo-science.ru>

Электронная почта: [journal@geo-science.ru](mailto:journal@geo-science.ru)

Размещение статьи в номере журнала на его официальном интернет-сайте <http://geo-science.ru> является свидетельством публикации.

Авторские права сохраняются в соответствии с международными правилами.

Авторы статей несут ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция не всегда разделяет мнения авторов и не несет ответственности за недостоверность публикуемых данных. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редакция вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи редакция сообщает автору, который представил статью, рецензенту и организации, где работа выполнялась.

Правила предоставления статей и требования к их оформлению размещены на официальном сайте журнала по адресу <http://geo-science.ru>

<b>ГЕОЛОГИЯ / GEOLOGY</b>	
<i>Голик В.И., Дмитрак Ю.В., Дзапаров В.Х., Харебов Г.З.</i> Моделирование полноты использования недр земли при добыче руд / <i>Golik V., Dmitrak Y., Dzaparov V., Kharebov G.</i> Modeling of Utilization of Subsoil in the Extraction of Ores	<b>004</b>
<b>ГЕОДЕЗИЯ / GEODESY</b>	
<i>Мозжухин О.А.</i> Теория подобия в решении проблемы учета рефракции в нивелировании / <i>Mozzhukhin O.A.</i> Theory Of Similarity In Solving The Problem Of Accounting For Refraction In Leveling	<b>018</b>
<b>ГЕОИНФОРМАТИКА / GEOINFORMATICS</b>	
<i>Цветков В.Я.</i> Развитие Гео сервиса / <i>Tsvetkov V.Ya.</i> Development of Geo-Services	<b>031</b>
<i>Сельманова Н.Н.</i> Кадастр как сложная система / <i>Selmanova N.N.</i> Cadastre as a Complex System	<b>043</b>
<b>ПОЧВОВЕДЕНИЕ / SOIL SCIENCE</b>	
<i>Плескачѳв Ю.Н., Чамурлиев О.Г., Сидоров А.Н., Сѳмина Н.И., Чамурлиев Г.О.</i> Влияние различных способов обработки почвы на продуктивность подсолнечника / <i>Pleskachev Yu.N., Chamurliiev O.G., Sidorov A.N., Semina N.I., Chamurliiev G.O.</i> Influence of Various Soil Processing Methods on the Productivity of Sunflower	<b>052</b>
<i>Савич В.И., Белопухов С.Л., Гукалов В.В., Подволоцкая Г.В., Волкова С.К., Федорова Т.А.</i> Вымораживание почвенных растворов, как фактор изменения свойств почв, их генезиса и плодородия / <i>Savich V.I., Belopukhov S.L., Gukalov V.V., Podvolotskaya G.V., Volkova S.K., Fedorova T.A.</i> Freezing of Soil Solutions as a Factor of the Changing Properties of Soils, their Genesis and Fertility	<b>060</b>
<i>Костылева Л.В., Гапич Д.С., Новиков А.Е., Моторин В.А., Шияпов Т.И.</i> Повышение износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих орудий, выполненных из чугуна / <i>Kostyleva L., Gapich D., Novikov A., Motorin V., Shiyapov T.</i> Improvement of Wear Resistance of Working Bodies of Tillers, Made of Cast Iron	<b>069</b>
<b>УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ / SUSTAINABLE DEVELOPMENT</b>	
<i>Дорохина Е.Ю., Харченко С.Г.</i> Новая бизнес-модель как путь к устойчивому развитию строительного предприятия / <i>Dorokhina E.Yu., Kharchenko S.G.</i> The New Business Model as a Way to Construction Enterprise Sustainable Development	<b>075</b>



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛНОТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР ЗЕМЛИ ПРИ ДОБЫЧЕ РУД

<i>Голик В.И.</i>	<i>Дмитрак Ю.В.</i>	<i>Дзапаров В.Х.</i>	<i>Харегов Г.З.</i>
Доктор технических наук, главный научный сотрудник, Геофизический институт Владикавказского НЦ РАН, Северо-Кавказский государственный технологический университет	Доктор технических наук, Ректор, Северо-Кавказский государственный технологический университет	Кандидат технических наук, доцент, Северо- Кавказский государственный технологический университет	Кандидат технических наук, доцент, Северо- Кавказский государственный технологический университет

Адрес: Россия, 362021, г. Владикавказ, ул. Космонавта Николаева, 44

E-mail: [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru)

**Abstract:** Горное дело развивается на стыке наук: геодинамика, геология, геотектоника, геофизика, геохимия, геоэкология, землеустройство, мониторинг земель, петрология и петрография, сейсмология и др. Для горнодобывающих предприятий отраслей промышленности актуализируется проблема повышения эффективности недр Земли. Одним из аспектов проблемы является конверсия на подземный способ разработки месторождений. Решению проблем одновременно и ресурсосбережения и природосбережения способствует экономико – математическое моделирование с нахождением компромиссного оптимума, в большей мере удовлетворяющего сочетанию нередко противоречивых критериев. Расчеты с использованием математического пакета прикладных программ Maple 9.5 показывают, что между качественными и количественными показателями полноты использования недр экономическими показателями и темпами добычи существует корреляция. Степень влияния состояния выработанного пространства на качество добываемой руды определяется моделированием параметров технологий, различающихся долей закладки выработок твердеющими смесями в процессе очистных работ, с использованием математической модели. Состояние массива описывается моделью твердой дискретной среды, несущая способность которой зависит от напряжений в элементах системы и предполагает возможность управления напряжениями посредством ограничения деформаций путем закладки пустот твердеющими смесями. Оценка вариантов разработки месторождения проводится сравнением значений оптимума целевых функций и выбором значений параметров, соответствующих точке оптимума по конечной продукции. Моделированием подтверждено, что максимальное влияние на эксплуатационные затраты оказывает компенсация разубоживания на этапах передела руд. Условием повышения эффективности является уменьшение потерь и разубоживания руд и утилизация выданного на поверхность некондиционного минерального сырья. Метод математического программирования позволяет установить эквивалентные соотношения между показателями разработки. Инструментом решения задачи комплексного использования недр может быть экономико-математическое моделирование с поиском удовлетворяющего сочетанию компромиссного оптимума критериев в рамках динамической модели управления производственными процессами. Перспективным направлением модернизации технологий подземной разработки месторождений является их комбинирование. Экономическая эффективность комбинирования технологий, различающихся количеством и качеством добываемых запасов, определяется сравнением затрат при добыче кондиционных руд с извлечением металлов на фабрике (традиционный метод) и при подземном выщелачивании (инновационный метод) металла, в том числе, из забалансовых руд и хвостов.

**Keywords:** Недрa Земли, разработка месторождений, моделирование, экономические показатели, твердеющие смеси, оптимума, потери, разубоживание, комбинирование.

### Цель работы

Среди широкого круга проблем, объединенных общим объектом исследования — Землей видное место занимает проблема полноты использования недр при добыче полезных ископаемых, которая решается на стыке результатов научных исследований, освоения новейших

методов и технологий, и творческого использования практического опыта.

С увеличением глубины месторождений многим горным предприятиям предстоит конверсия на подземный способ разработки. Актуализируется проблема обеспечения сырьем для изготовления твердеющих смесей. Добыча природных компонентов горными работами вступает в противоречие с природоохранными



тенденциями. Металлосодержащие техногенные компоненты: отходы обогащения руд, шлаки и др. могут быть востребованы только после извлечения из них металлов [1,4,17].

Комплексный подход к решению проблем одновременно и ресурсосбережения и охраны окружающей среды включает в себя многокритериальное моделирование с целью оптимизации параметров технологии путем решения задачи математического программирования с целевыми функциями, определяющими экономичность производства товарной руды, комплексность переработки, влияние на окружающую среду, и т.п. При этом решение может иметь вид только компромиссного оптимума, в большей мере удовлетворяющего сочетанию нередко противоречивых критериев [9,11,12].

Задача построения динамической модели управления предприятием на основе статистических методов исследования, методов математического программирования и методов поиска оптимальных решений в качестве критерия оптимальности использует величину затрат на добычу руды с учетом ущерба от потерь и разубоживания.

Целью настоящего исследования является установление эквивалентных соотношений между количественными и качественными показателями разработки рудного месторождения.

**Полученные результаты**

Зависимость прибыли от переменных величин может быть описана выражением:

$$P_{Y_T} = F(Y, Z, R),$$

где  $P$  – прибыль;  $Y$  – ущерб от потерь балансовой руды на 1т погашаемых балансовых запасов;  $Z$  –

условно – переменные эксплуатационные затраты на 1т запасов;  $R$  – коэффициент разубоживания.

При моделировании влияние каждого из факторов определяется при изменении значений одного из них при постоянном значении двух других.

Расчеты проводятся с помощью математического пакета прикладных программ Maple 9.5. Графики строятся в среде Maple 9.5 или Microsoft Excel. При фиксированном значении факторов  $Y$  и  $Z$  табличная величина результативного показателя прибыли:

$$P = 68,614 - \frac{5,187 + 3,367 \cdot R}{1 - R}.$$

График зависимости конвертирован из пакета Maple 9.5 (рис.1).

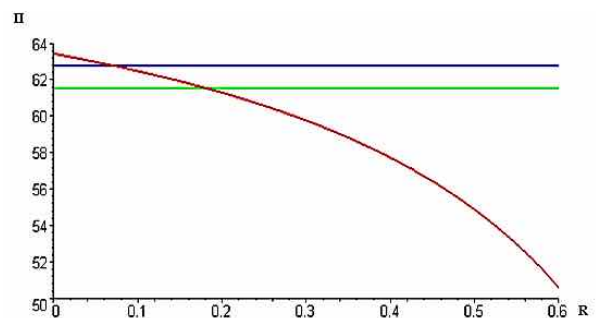


Рис.1. Зависимость прибыли от разубоживания:  $P$ –прибыль, руб./т;  $R$  – коэффициент разубоживания

Максимальное значение прибыли  $P = 63,4$  руб./т (в ценах 1990 г.) достигается при  $R = 0,07$ . Величина прибыли на прямой  $I$  равна 62,7 руб./т (уменьшение прибыли на 1%), а на прямой  $II$  равно 61,55 руб./т (уменьшение на 3%) и соответствует  $R = 0,18$ , то есть полной величине коэффициента разубоживания. При увеличении коэффициента разубоживания до 0,6 величина

прибыли снижается до 50,5 или более чем на 20%. При табличных значениях факторов  $У$  и  $R$  зависимость прибыли  $П$  от эксплуатационных затрат  $З$  (рис.2):

$$П = 68,36 - 0,978 \times З$$

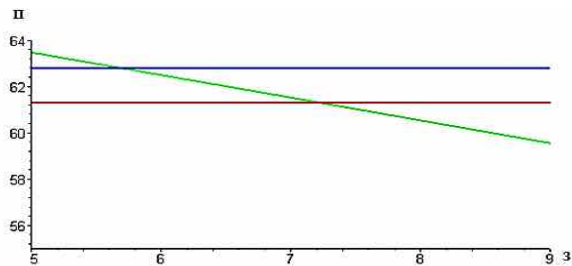


Рис.2.Зависимость прибыли от эксплуатационных затрат: П–прибыль, руб./т; З–затраты, руб./т

Значение прибыли на прямой  $I$  62,7 руб./т соответствует значению  $З = 5,7$  – затраты по первому варианту, а значение прибыли на прямой  $II$  равно 61,3 руб./т соответствует значению  $З = 7,2$  или величине затрат по второму варианту. При табличном значении факторов  $З$  и  $R$  зависимость прибыли  $П$  от потерь балансовой руды  $У$  (рис.3):

$$П = 67,233 - У .$$

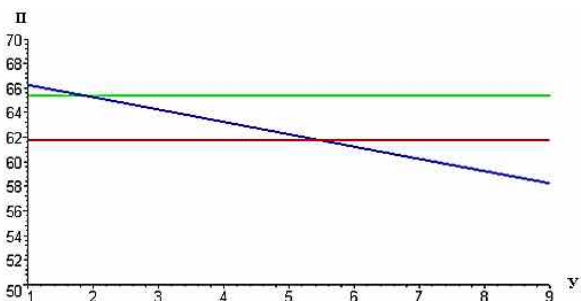


Рис.3.Зависимость прибыли от ущерба при потере балансовой руды: П–прибыль, руб./т; У–ущерб от потерь руды, руб./т

Прибыль на прямой  $I$  равна 65,4 руб./т (уменьшение на 2,7%), а прибыль на прямой  $II$  равна 61,8 руб./т (уменьшение на 8%).

С изменением разубоживания на 1% прибыль в точке  $R=0,07$  изменяется на 10%, в точке  $R = 0,18$  - на 12,8%, в точке  $R = 0,6$  - на 54,8%.

С изменением эксплуатационных затрат на 1% прибыль изменяется на 1,4%, а с изменением ущерба от потери балансовой руды на 1% - на 3,6%.

Отсюда потери 1% балансовой руды с содержанием металла 20 кг/т эквивалентны (рис.4):

- 5,2% разубоживания по контуру блока с содержанием металла 10 кг/т;
- 16,7% разубоживания руды за счет включений пород с содержанием 10 кг/т;
- 23,6% производительности труда на очистных работах;
- 18,4% производительности блока;
- 14,5% производительности труда рабочего горного цеха.

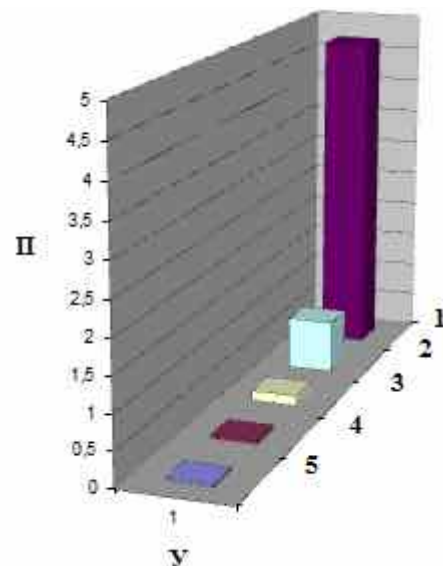


Рис.4. Соотношения между параметрами добычи: П–прибыль, руб./т; У–ущерб от потерь руды, руб./т; 1- переработка разубоживающих пород; 2-потери 1% руды; 3- разубоживание боковыми породами; 4- разубоживание внутриконтурными породами; 5- снижение производительности труда на 1%

Качество добываемой руды является функцией состояния выработанного пространства. Степень влияния этого фактора определяется моделированием параметров технологий, различающиеся при прочих одинаковых условиях долей закладочных работ: 1- без заполнения пустот; 2- с заполнением на 50 %; 3- с заполнением смесями на 65 %; 4- с заполнением смесями на 80% (табл.1).

Объем добычи руды во всех вариантах - 200 тыс. т/год.

В рамках моделирования по плану Бокса при постоянной ценности руды 75,5 руб./т сравниваются варианты с различной долей твердеющих смесей, в том числе, без заполнения, руб./т (табл.2).

Результаты моделирования эффекта закладки пустот приведены на рис.5.

Таблица 1

Исходные данные для моделирования влияния закладки

Показатели	Единица	Варианты технологии			
		1	2	3	4
Ценность руды	Руб./т	75,64	75,49	75,42	75,38
Эксплуатационные затраты	Руб./т	5,68	7,21	7,50	7,64
Ущерб от потерь балансовой руды	Руб./т	5,84	1,81	1,52	1,38
Ущерб от разубоживающей массы	Руб./т	3,75	3,75	3,75	3,75
Ущерб от разубоживающей массы	Руб./т	0,85	0,19	0,10	0,05
Затраты с учетом ущерба	Руб./т	11,97	9,36	8,94	8,81
Экономический эффект по варианту	Руб./т	-	2,61	3,03	3,16
Экономический эффект по варианту	т. руб./г.	-	522	606	632

Таблица 2

Исходные данные для моделирования, руб./т  
(Цены по состоянию на 1990 г.)

Показатели	Без закладки	С закладкой смесями,%		
		50	75	100
Эксплуатационные затраты	5,68	7,21	7,50	7,64
Ущерб запасам от потерь балансовой руды	5,84	1,81	1,52	1,38
Ущерб запасам от разубоживающей массы	0,85	0,19	0,10	0,05
Затраты с учетом ущерба и погашения	12,34	9,21	9,12	9,08

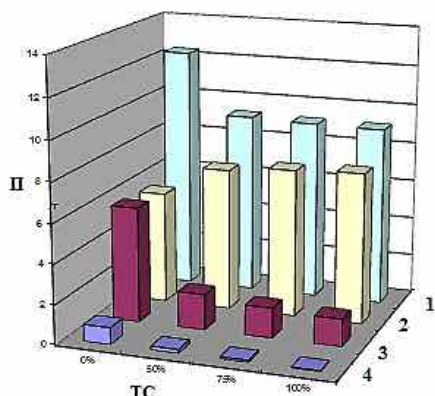


Рис.5. Эффективность применения твердеющей закладки: П-прибыль, руб./т; ТС - доля закладки твердеющими смесями, %; 1- суммарные затраты, руб./т; 2-ущерб от

разубоживания, руб./т; 3-ущерб от потерь руды, руб./т; 4-эксплуатационные затраты, руб./т

Объем образованных пустот, свойства твердеющих смесей и прочность пород являются взаимозависимыми факторами, поэтому математическая модель разработки месторождения обладает свойством гетероскедастичности [5,7,18].

Анализ статистических рядов структурных блоков пород, рассмотренных для месторождений скального типа и проведенный на основе ранговой корреляции Кендалла, показывает, что при прочих равных



условиях реакция массива на технологическое вмешательство определяется параметрами уменьшения зоны влияния пустот путем закладки их твердеющими смесями, с уменьшением потерь и разубоживания руд.

Концепция управления состоянием массива описывается вероятностной моделью твердой дискретной среды, несущая способность которой зависит от напряжений в элементах системы и предполагает возможность управления напряжениями посредством ограничения деформаций путем закладки пустот твердеющими смесями [6,10,15]:

$$\sigma_1 \leq \sigma_2 \leq \sigma_3 = \sigma_H \cdot K_1 K_2 K_3 K_4$$

где  $\sigma_{n.3}, \sigma_{c.3}, \sigma_{m.3}, \sigma_{H.3}$  - величины подпора, соответственно, прочного, среднепрочного и мало прочного состава твердеющей смесей;  $\ell$  - число упрочняющих элементов;  $n_1, \dots, n_5$  - массовое число материала в количестве смеси;  $\sigma_m^y$  - прочность смесей.

Минимизированная по величине потерь и разубоживания модель управления состоянием массива описывает оптимизационную задачу:

$$\sigma_1 \leq \sigma_2 \leq \sigma_3 = \sigma_H \cdot K_1 K_2 K_3 K_4$$

$$P y_T = C_T - Z_T - U_{T_{Бат}} - U_{T_{БRS}} - U_{T_{БRP}}$$

где  $\sigma_1$  - напряжения в зоне нетронутых пород, МПа;  $\sigma_2$  - напряжения в зоне влияния очистных работ, МПа;  $\sigma_3$  - напряжения в закладочном массиве,

где  $\sigma_1$  - напряжения в зоне нетронутых пород, МПа;  $\sigma_2$  - напряжения в зоне влияния очистных работ, МПа;  $\sigma_3$  - напряжения в закладочном массиве, МПа;  $\sigma_H$  - нормативное сопротивление сжатию закладки, МПа;  $K_1$  - коэффициент неоднородности закладочного массива;  $K_2$  - коэффициент увеличения прочности закладки со временем;  $K_3$  - коэффициент увеличения прочности закладки в массиве;  $K_4$  - коэффициент условий работы.

Напряжения в результате заполнения пустот твердеющими смесями:

$$\sigma_m = n_1 \sigma_{n.3} + n_2 \sigma_{c.3} + n_3 \sigma_{m.3} + n_4 \sigma_{H.3} + n_5 \sigma^{ocm} = \sum_1^{\ell} n_{\ell} \sigma_m^y$$

МПа;  $\sigma_H$  - нормативное сопротивление сжатию, МПа;  $K_1$  - коэффициент неоднородности закладочного массива;  $K_2$  - коэффициент увеличения прочности закладки со временем;  $K_3$  - коэффициент увеличения прочности закладки в массиве;  $K_4$  - коэффициент условий работы;  $P y_m$  - прибыль от добычи и переработки руды, руб/т;  $C_{T_B}$  - ценность добытой руды, руб/т;  $Z_T$  - полные затраты на добычу и переработку руды, руб/т;  $U_{T_{RS}}$  - ущерб от 1т разубоживающей массы по контуру блока, руб/т;  $U_{T_{RP}}$  - ущерб от переработки 1 т разубоживающей массы, руб/т.

Варианты подземной разработки месторождений принципиально различаются способами управления массивом: без заполнения пустот

(вариант 1) и с заполнением пустот (вариант 2) [2,8,14].

При использовании первого варианта при меньших эксплуатационных расходах увеличиваются потери и разубоживание руд. При втором варианте потери и разубоживание руды существенно

уменьшаются, но возрастают расходы на закладку твердеющими смесями.

Зависимость себестоимости добычи руды от параметров потерь и разубоживания при сравниваемых вариантах может быть описана моделью:

$$\begin{aligned}
 P_{y_{\pi}} &= \left[ 3_{T_{ox}} \cdot \left( 1 - \frac{Q'_H + Q'_g}{Q_g} \right) + \frac{3_{zk}}{\rho} \left( 1 + \frac{Q''_H - Q''_n}{Q_g} \right) + 3_{T_H} \cdot \frac{Q'_H + Q'_H}{Q_g} + 3_{T_{\Pi}} \cdot \frac{Q'_\Pi + Q''_\Pi}{Q_g} \right] - \\
 \Delta \gamma_{\tau} \cdot C_{T_{\text{Бат}}} - \frac{R_s}{(1 - R_s)P} &\left[ \left( 3_{T_{ox}} + \frac{3_{zk}}{\rho} \right) + (1 - \Delta \gamma_{\tau}) \cdot U_{T_{rs}} \right] - \frac{(1 - P)}{P} \cdot \\
 \left[ 3_{T_{\omega}} - B \left( 3_{T_{ox}} + \frac{3_{zk}}{S} \right) \right] &+ \frac{(1 - P)(1 - B)(1 - \epsilon)}{P} (1 - \Delta \gamma_{\tau}) U_{T_{\text{сп}}}
 \end{aligned}$$

где  $C_{T_{\text{Ба}}}$  – ценность добытой руды, руб.;  $C_{T_{\text{Бат}}}$  – ценность потерянной руды с содержанием металла  $\alpha_T$ , руб.;  $3_{T_{ox}}$  – затраты на отбойку, выпуск и транспортировку руды, руб.;  $3_{T_H}$  – затраты на нарезные работы, руб.;  $3_{T_{\Pi}}$  – то же на подготовительные работы, руб.;  $3_{zk}$  – то же на закладку, руб/м<sup>3</sup>;  $Q_g$  – объем руды, пород и забалансовой руды в границах тела, м<sup>3</sup>;  $Q'_H$  – объем нарезных работ по руде, м<sup>3</sup>;  $Q''_H$  – то же по породе, м<sup>3</sup>;  $Q'_\Pi$  – объем подготовительных работ по руде, м<sup>3</sup>;  $Q''_\Pi$  – то же по породе, м<sup>3</sup>;  $\rho$  – объемный вес руды, т/м<sup>3</sup>;  $U_{T_{rs}}$  – ущерб от переработки 1т разубоживающей массы, руб.

Оценка вариантов разработки проводится сравнением значений оптимума целевых функций и выбором значений параметров, соответствующих точке оптимума по конечной продукции (табл.3).

Характер зависимости прибыли предприятия от величины потерь и разубоживания устанавливается

моделированием полученных параметров, которые интерполируются средствами информационных технологий на случай объектов большой размерности с применением среды XML и расчетом параметров модели, а также вычислением на основе генетических оптимизационных алгоритмов с нахождением области оптимальных значений [13,19].

На основе экспериментальных и расчётных создан симметричный план Бокса В<sub>4</sub> в период работы предприятия до кризиса 1990 г. и определены граничные условия независимых переменных (табл.4-5). Для граничных условий независимых переменных построены модели технологий по вариантам (табл.6).

С использованием метода планирования эксперимента построена математическая модель зависимости результативного признака  $Z$  – затрат на добычу руды от факторов  $X_1, X_2, X_3, X_4$ , Матрица планирования выбрана в форме плана Бокса.

Расчет модели произведен в Maple. Независимые переменные  $X_i$  приведены в кодовом масштабе. Модель затрат на добычу руды с независимыми переменными имеет вид:

$$Z = -1,572 X_1 - 0,6014 X_2 + 1,3897 X_3 - 17,037 X_4 + 0,3073 X_1^2 + 0,5159 X_2^2 - 0,2123 X_3^2 + 35,402 X_4^2 - 1,8129 X_1 X_2 + 2,1476 X_1 X_3 - 0,2259 X_1 X_4 - 1,6698 X_2 X_3 - 1,8389 X_2 X_4 + 0,3533 X_3 X_4.$$

где Z – суммарные затраты; X<sub>1</sub> – добыча руды; X<sub>2</sub> – содержание металлов в руде; X<sub>3</sub> – потери руды; X<sub>4</sub> – разубоживание руды породами.

Гипотеза о зависимости проверена по критерию Фишера на уровне

значимости 5% и принята правдоподобной, что позволяет рассматривать зависимость в качестве модельной для рассматриваемой задачи определения затрат предприятия на добычу руды.

Таблица 3

Технико-экономические показатели вариантов разработки

Показатели	Единицы	Вариант 1	Вариант 2
Удельный вес технологии	%	100	100
Объем очистной выемки на 1т запасов	м <sup>3</sup> /т	0,63	0,52
Расход ГПР на 1т запасов	м <sup>3</sup> /т	0,09	0,06
Потери	%	15	5
Разубоживание	%	30	15
Доля руды, поступающей на РОФ	%	50	50
Средний выход хвостов обогащения	%	21	21
Месячная производительность блока	тыс./м <sup>3</sup>	1,6	1,8
Годовая производительность блока	тыс./м <sup>3</sup>	18,8	21,2
Трудоемкость очистной выемки	чел. см/м <sup>3</sup>	0,11	0,98
Отрабатываемые балансовые запасы	%	100	100
Выход руды на 1 т балансовых запасов	т/т	1,2	1,8
Количество добытой горной массы	%	105	100
Качество добытой руды	%	90	100
Извлечение металла	%	91	100
Затраты на выемку 1 м <sup>3</sup> горной массы	руб./м <sup>3</sup>	16,3	21,2
Прибыль на 1 т балансовых запасов	руб./т	52,2	57,2
Экономический эффект на 1 т запасов	руб./т	- 4,5	-
Годовой экономический эффект (ущерб)	тыс. руб.	- 1700	-

Таблица 4

Граничные условия независимых переменных для варианта 1

Уровни	Нижний, (-1)	Средний, (0)	Верхний, (+1)	Интервал, (Δ)
Потери руды, %	10	20	30	10
Разубоживание породами, %	20	40	60	20
Извлечение металла	60	70	80	10
Прибыль на 1 т запасов	-40	-50	-60	10



Таблица 5

Граничные условия независимых переменных для варианта 2

Уровни	Нижний, (-1)	Средний, (0)	Верхний, (+1)	Интервал, (Δ)
Потери руды, %	3	6	9	3
Разубоживание породами, %	5	10	15	5
Извлечение металла	70	80	90	10
Прибыль на 1 т запасов	+20	+35	+50	15

Таблица 6

Граничные условия независимых переменных

Уровни	Нижний, (-1)	Средний, (0)	Верхний, (+1)	Интервал, (Δ)
Затраты на добычу руды, руб., (Z)	200	300	400	100
Добыча руды, тыс. т, (X <sub>1</sub> )	80	100	120	20
Содержание металлов, % (X <sub>2</sub> )	2	4	6	2
Потери руды, тыс. т (X <sub>3</sub> )	5	15	20	5
Разубоживание, % (X <sub>4</sub> )	20	40	60	20

Доля разубоживания составляет 65 – 67 %, что позволяет использовать этот показатель в качестве основного критерия оптимизации. Значения независимых переменных, обеспечивающие минимальные затраты на добычу:  $X_1 = -1$ ,  $X_2 = +1$ ,  $X_3 = -1$ ,  $X_4 = +1$ . График зависимости суммарных затрат от параметра  $X_4$  – разубоживание руды при оптимальных значениях переменных  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  представлен на рис.6.

Коэффициенты перед выражениями  $X_4$  и  $X_4^2$  по модулю на порядок больше остальных коэффициентов, что указывает на то, что фактор  $X_4$  (разубоживание руды породами) в качестве основного критерия оптимизации выбран правильно.

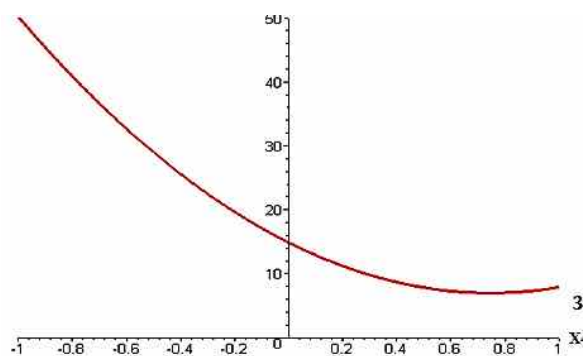


Рис.6. Зависимость суммарных затрат от разубоживания в окрестности точки оптимума: Z –затраты, руб./т; X<sub>4</sub> – разубоживание руды, доля

В переводе на натуральный масштаб основные параметры оптимизационной задачи составляют: добыча руды - 200 тыс. т/год; содержание металлов в руде - 5 %; потери 6 %; разубоживание 25 %. Значение затрат в

точке оптимума составляет 280 руб./т в ценах 1990 г.

Суммарные затраты на производство концентратов, руб./т:

$$Z_{np} = 36,65 - 7,70 X_1 + 0,0058 X_2 + 0,305 X_3 + 1,47 X_1^2 + 0,03 X_2^2 + 0,58 X_3^2 - 0,01 X_1 X_2,$$

где  $X_1$  – затраты на отбойку;  $X_2$  – затраты на транспортировку;  $X_3$  – затраты на обогащение.

Моделированием подтверждается, что наиболее сильное влияние на затраты оказывает обогащение руд или компенсация разубоживания на этапе горного передела [16,20].

Перспективным направлением модернизации технологий подземной разработки месторождений является их комбинирование. Экономическая эффективность комбинирования технологий, различающихся количеством и качеством добываемых запасов, определяется сравнением затрат при добыче кондиционных руд

с извлечением металлов на фабрике (традиционный метод) и при подземном выщелачивании (инновационный метод) металла, в том числе, из забалансовых руд и хвостов.

Показатели комбинированной разработки определены для золоторудного месторождения с условиями:

- глубина горных работ до 400 м;
- на этапе 1 в течение года добывается и перерабатывается на заводе 40000 т балансовых руд с содержанием 7 г/т;
- на этапе 2 перерабатывается 60000 т балансовых руд с содержанием 3 г/т подземным выщелачиванием;
- на этапе 3 в штабелях и в дезинтеграторах с механохимической активацией выщелачиваются 40000 т хвостов обогащения с содержанием 0,5 г/т (табл.7).

Условия опытов в кодовом и натуральном масштабе приведены в табл.8.

Таблица 7  
Показатели комбинированного извлечения золота

Показатели	Этап 1	Этап 2	Этап 3	3 этапа
Горно-капитальные работы, \$/т	1,9	1,15	-	-
Горно-подготовительные работы, \$/т	3,8	5,0	-	-
Очистные работы, \$/т	3,2	4,0	-	-
Горные работы (всего), \$/т	8,9	10,15	-	-
Закладочные работы, \$/т	2,7	-	-	-
Подземный транспорт, \$/т	0,5	0,39	-	-
Подъем и сортировка, \$/т	0,73	0,18	-	-
Проветривание, \$/т	1,2	0,31	-	-
Водоотлив (перекачка растворов), \$/т	0,3	1,17	-	-
Оборудование куч выщелачивания, \$/т	-	-	1,0	-
Выщелачивание хвостов, \$/т	-	-	1,0	-
Общерудничные расходы, \$/т	3,85	2,45	-	-
Рудничная себестоимость, \$/т	18,3	14,9	2,0	-
Количество горной массы, т	40000	60000	40000	140000
Содержание золота, г/т	7	3	0,5	-
Количество золота в горной массе, г	280000	180000	20000	480000
Извлечение золота, %	90	60	60	77
Добыто золота, г	252000	108000	12000	372000
Продажная цена, \$/г	10	10	10	10
Рыночная цена, \$/г	12	12	12	12
Прибыль, \$	504000	216000	24000	744000
Эффективность, %	100	-	-	148

Модель экономической эффективности технологий на этапах разработки

месторождения с независимыми переменными в безразмерном масштабе имеет вид:

$$W = -0.365 \cdot X_1 + 68288.391 \cdot X_2 + 0.437 \cdot X_3 + 2215.482 \cdot X_4,$$

где  $W$  – прибыль;  $X_1$  – количество горной массы;  $X_2$  – содержание золота в руде;  $X_3$  – извлечение золота из руды;  $X_4$  – рудничная себестоимость.

Коэффициент детерминации равен:  $R^2 = 0,9991$ . Расчетное значение

критерия Фишера:  $F_{расч} = 1662,35$ .

Табличное значение критерия Фишера:

$$F_{табл} (5\%; 4; 2) = 19,25. \text{ Так как}$$

$F_{расч} > F_{табл}$ , зависимость принимается как правдоподобная.

Таблица 8

Граничные условия независимых переменных

Уровни	Нижний, -1	Средний, 0	Верхний, +1	Интервал, Δ
Количество горной массы, тыс.т ( $X_1$ )	40	90	140	50
Содержание золота в руде, г/т ( $X_2$ )	0,5	3,75	7	3,25
Извлечение золота из руды, % ( $X_3$ )	60	75	90	15
Рудничная себестоимость, \$/т ( $X_4$ )	2,0	10,15	18,3	8,15

Независимые переменные приведены в реальном масштабе. Так как коэффициенты при  $X_1$  и  $X_3$  во много раз меньше коэффициентов при  $X_2$  и  $X_4$ , то факторы  $X_1$  и  $X_3$  практически не оказывают влияние на показатель прибыли. Влияние фактора  $X_2$  больше, чем фактора  $X_4$ , поскольку коэффициент при  $X_2$  на порядок больше. Наиболее сильное влияние на результативный

показатель прибыли оказывает фактор содержания золота в руде.

Доля затрат на горные работы в структуре рудничной себестоимости превышает 50 %, что позволяет использовать эти затраты в качестве основного критерия оптимизации, а также для оценки эффективности комбинирования этапов (табл.9).

Таблица 9

Граничные условия независимых переменных

Уровни	Этап 1		Этап 2		Этап 3		Всего	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
Горная масса, тыс. т ( $X_1$ )	20	60	40	80	20	60	80	200
Содержание золота в руде, г/т ( $X_2$ )	5	9	2	5	1	3	1	9
Извлечение золота, % ( $X_3$ )	70	90	60	70	50	60	50	90
Рудничная себестоимость, \$/т ( $X_4$ )	19,2	12,0	10,7	19,2	5,2	14,9	5,2	19,2



Математическая модель зависимости между факторами  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  по симметричному плану Бокса:

$$X_4 = 23,092 - 0,005X_1^2 + 3,657X_2^2 + 0,015X_1 - 0,423X_1X_2 + 17,768X_2.$$

Модель указывает на наиболее тесную связь между факторами  $X_2$  и  $X_4$ , так как коэффициент при  $X_2$  на порядок больше остальных коэффициентов. Поэтапное извлечение запасов рудных месторождений описывается трехмерным нормальным законом распределения руд по процентному содержанию металла.

Извлекаемая ценность руды повышается после ее обогащения и металлургического передела, поэтому процесс оптимизации производства металлов должен осуществляться способом компромиссного оптимума нахождением такой точки, в которой значение целевой функции близко к оптимальному по каждому из переделов в отдельности [3].

Результаты исследования могут быть востребованы при проектировании разработки металлических Месторождений России и Зарубежья.

### Заключение

Технологии подземной разработки месторождений характеризуются показателями качества товарных руд, которые нуждаются в существенном улучшении, поэтому приоритетной целью дальнейших исследований становится оптимизация способов разработки и технологических процессов добычи и переработки по критерию полноты использования недр.

Основным условием повышения эффективности является уменьшение потерь и разубоживания руд и утилизация выданного на поверхность некондиционного минерального сырья.

Поставленная цель достигается привлечением методов

математического программирования с анализом традиционной и инновационной технологий добычи руд по критерию оптимальности с учетом ущерба от потерь и разубоживания и установлением эквивалентных соотношений между количественными и качественными показателями разработки.

Инструментом решения задачи комплексного использования запасов и охраны природных ресурсов может быть экономико-математическое моделирование с поиском удовлетворяющего сочетанию компромиссного оптимума критериев в рамках динамической модели управления производственными процессами.

### Литература

1. Голик В.И., Комащенко В.И. Практика выщелачивания металлов из отходов переработки руд // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 3. С. 13-23.
2. Голик В.И., Лукьянов В.Г., Хашева З.М. Обоснование возможности и целесообразности использования хвостов обогащения руд для изготовления твердеющих смесей // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 5. С. 6-14.
3. Голик В.И., Полухин О.Н., Петин А.Н., Комащенко В.И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА. Горный журнал. 2013. № 4. С. 91-94.
4. Голик В.И., Разоренов Ю.И., Лукьянов В.Г. Эколого-экономические аспекты

- ресурсосбережения при разработке месторождений полезных ископаемых. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 6. С. 18-27.
5. Дмитрак Ю.В., Логачева В.М. Гидро-геологические условия залегания угольных пластов месторождений подмосковного басСЕЙНА // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 6. С. 28-30.
  6. Дмитрак Ю.В., Логачева В.М., Подколзин А.А. Геофизическое прогнозирование нарушенности и обводненности массива горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 11. С. 35-36.
  7. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н. Научно-методические основы проектирования экологически сбалансированного цикла комплексного освоения и сохранения недр Земли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 4 (специальный выпуск № 15). С. 5-11.
  8. Комащенко В.И., Васильев П.В., Масленников С.А. Технологиям подземной разработки месторождений КМА - надежную сырьевую основу//Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 2. С. 101-114.
  9. Куранов А. Д. Применение численного моделирования для выбора безопасных параметров систем разработки рудных месторождений в высоконапряженных массивах // Записки Горного института. 2013. Т. 206. С. 60-64.
  10. Ляшенко В.И. Природоохранные технологии освоения сложноструктурных месторождений полезных ископаемых//ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ». Маркшейдерский вестник. 2015. № 1- С.10-15.
  11. Соколов И. В., Антипин Ю. Г. Систематизация и экономико-математическое моделирование вариантов вскрытия подземных запасов при комбинированной разработке месторождений // Горный журнал. 2012. № 1. С. 67-71.
  12. Соколов И. В., Антипин Ю. Г. Систематизация и экономико-математическое моделирование вариантов вскрытия подземных запасов при комбинированной разработке месторождений // Горный журнал. 2012. № 1. С. 67-71.
  13. Чунуев И. К., Умаров Т. С. Разработка и внедрение современных компьютерных программ для горных предприятий и в учебном процессе// Известия КТУ им. И. Раззакова. 2014. № 33. С. 566-568.
  14. Юн А. Б., Рыльникова М. В., Терентьева И. В. О перспективах и стратегии освоения Жезказганского месторождения // Горный журнал. 2015. № 5. С. 44-49.
  15. Bakhtavar E., Shahriar K. Optimal ultimate pit depth considering an underground alternative // Proceedings of Fourth Aachen International Mining Symposia-High Performance Mine Production, Aachen, Germany. 2007. P. 213-221.
  16. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Ignatov V.N., Khasheva Z.M. The history of Russian Caucasus ore deposit development// Journal of the Social Sciences. 2016. Т. 11. № 15. С. 3742-3746.
  17. Golik V.I., Khasheva Z.M., Shulgatyi L.P. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises waste // Journal of the Social Sciences. 2015. Т. 10. № 6. С. 750-754.
  18. Gridley N. C., Salcedo L. Cemented paste production provides opportunity for underground ore recovery while solving tailings disposal needs //Australian Centre for Geomechanics. Perth, 2011. 431 p.

19. Haifeng Wang, Yaqun He, Chenlong Duan, Yuemin Zhao, Youjun Tao, Cuiling Ye. Development of Mineral Processing Engineering Education in China University of Mining and Technology // *Advances in Computer Science and Engineering*. AISC 141. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012. P. 77–83.
20. Liu J., Han Y., Li Y., Zhang S. Study on mechanism and technology of deep reduction for lingyang iron ore // 26th International Mineral Processing Congress, IMPC 2012: Innovative Processing for Sustainable Growth, New Delhi, India. 2012. P. 2335–2343.

### References

1. Golik VI, Komashchenko V.I. The practice of leaching metals from wastes of ore processing // *Izvestiya Tula State University. Earth sciences*. 2016. № 3. P. 13-23.
2. Golik VI, Lukyanov VG, Khasheva Z.M. Substantiation of the possibility and expediency of using tailings for ore dressing for making hardening mixtures // *Izvestiya Tomsk Polytechnic University. Engineering georesources*. 2015. T. 326. № 5. P. 6-14.
3. Golik VI, Polukhin ON, Petin AN, Komashchenko VI Ecological problems of development of ore deposits of KMA. *Mountain magazine*. 2013. № 4. P. 91-94.
4. Golik VI, Razorenov Yu.I., Lukyanov V.G. Ecological and economic aspects of resource saving in the development of mineral deposits. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering georesources*. 2017. T. 328. № 6. P. 18-27.
5. Dmitrik Yu.V., Logacheva V.M. Hydro-geological conditions of bedding of coal seams in the Moscow region of Bassein // *Mountain information-analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2006. № 6. With. 28-30.
6. Dmytrak Yu.V., Logacheva VM, Podkolzin AA Geophysical prediction of the disturbance and water cut of the rock massif // *Mining information-analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2006. № 11. P. 35-36.
7. Kaplunov DR, Rylnikova MV, Radchenko DN Scientific and methodological foundations for designing an ecologically balanced cycle of integrated development and conservation of the Earth's interior // *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2015. № 4 (special issue No. 15). Pp. 5-11.
8. Komashchenko VI, Vasilyev PV, Maslennikov S.A. The technology of underground mining of KMA deposits is a reliable raw material base // *Izvestiya of Tula State University. Earth sciences*. 2016. № 2. P. 101-114.
9. Kuranov AD The application of numerical simulation for the selection of safe parameters for the development of ore deposits in high-stress areas // *Zapiski Gornyi institut*. 2013. P. 206. P. 60-64.
10. Lyashenko V.I. Environmental protection technologies for the development of complex structures of mineral deposits // *FSUE "GIPROTSVETMET". Mine surveying bulletin*. 2015. No. 1- C.10-15.
11. Sokolov IV, Antipin Yu. G. Systematization and economic-mathematical modeling of options for opening underground reserves in combined field development // *Mining Journal*. 2012. № 1. P. 67-71.
12. Sokolov IV, Antipin Yu. G. Systematization and economic-mathematical modeling of options for opening underground reserves in combined field development // *Mining Journal*. 2012. № 1. P. 67-71.
13. Chunuev IK, Umarov TS Development and introduction of modern computer programs for mining enterprises and in the educational process // *Izvestiya KTU them. I. Razzakova*. 2014. No. 33. P. 566-568.
14. Yun AB, Rylnikova MV, Terentyeva IV About perspectives and development strategy of the Zhezkazgan deposit // *Mining magazine*. 2015. № 5. P. 44-49.
15. Bakhtavar E., Shahriar K. Optimal pit depth an underground alternative //

- Proceedings of Fourth Aachen International Mining Symposia-High Performance Mine Production, Aachen, Germany. 2007. P. 213-221.
16. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Ignatov V.N., Khasheva Z.M. The history of the Russian Caucasus. 2016. P. 11. 15. 15. 3742-3746.
  17. Golik V.I., Khasheva Z.M., Shulgatyi L.P. Economical efficiency of utilization of allied mining enterprises. 2015. 10. 10. № 6. P. 750-754.
  18. Gridley, N.C., Salcedo, L., Cemented paste production. Perth, 2011. 431 p.
  19. Haifeng Wang, Yaqun He, Chenlong Duan, Yuemin Zhao, Youjun Tao, Cuiling Ye. Development of Mineral Processing Engineering Education in China University of Mining and Technology // Advances in Computer Science and Engineering. AISC 141. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012. P. 77-83.
  20. Liu J., Han Y., Li Y., Zhang S. The study on the mechanism and technology of the deep reduction for lingyang iron ore // 26th International Mineral Processing Congress, IMPC 2012: Innovative Processing for Sustainable Growth, New Delhi, India . 2012. P. 2335-2343.



## MODELING OF UTILIZATION OF SUBSOIL IN THE EXTRACTION OF ORES

<b>Golik V.</b>	<b>Dmitrak Y.</b>	<b>Dzaparov V.</b>	<b>Kharebov G.</b>
Doctor of Technical Science, Professor, Geophysical Institute, Vladicaucas Scientific Center of RAS	Doctor of Technical Science, Professor, Rector, North-Caucasian State Technological University	PhD, Associate Professor, Rector, North-Caucasian State Technological University	PhD, Associate Professor, Rector, North-Caucasian State Technological University

**Address:** 44, Cosmonaut Nikolayev street, Vladikavkaz, 362021, Russia

**E-mail:** [v.i.golik@mail.ru](mailto:v.i.golik@mail.ru)

**Abstract:** Mining is developing at the intersection of science: geodynamics, geology, geotectonics, geophysics, geochemistry, geoecology, land management, land monitoring, petrology and petrography, seismology, etc. The mining industry enterprises are facing the problem of increasing the efficiency of the Earth's interior. One of the aspects of the problem is the conversion to underground mining. The solution of problems at the same time and resource saving and environmental conservation is facilitated by economic and mathematical modeling with the finding of a compromise optimum, in a greater degree satisfying a combination of often conflicting criteria. Calculations using a mathematical package of Maple 9.5 application programs show that there is a correlation between the qualitative and quantitative indices of the completeness of subsoil use by economic indicators and production rates. The degree of influence of the state of the worked-out space on the quality of the mined ore is determined by modeling the parameters of technologies that differ in the percentage of the workings of the excavations by hardening mixtures in the process of treatment works, using a mathematical model. The state of the array is described by the model of a solid discrete medium, the bearing capacity of which depends on the stresses in the elements of the system and assumes the possibility of controlling stresses by limiting deformations by filling the voids with hardening mixtures. Evaluation of options for the development of the field is carried out by comparing the optimum values of the objective functions and by choosing the values of the parameters corresponding to the optimum point for the final product. Modeling confirmed that the maximum impact on operating costs is compensated for dilution at the stages of ore redistribution. The condition for increasing efficiency is the reduction of losses and dilution of ores and utilization of substandard mineral raw materials delivered to the surface. The method of mathematical programming allows you to establish equivalent relationships between development indicators. The tool for solving the problem of complex use of mineral resources can be economic and mathematical modeling with the search for a criterion satisfying a combination of a compromise optimum within the framework of a dynamic model of managing production processes. A promising direction of modernization of underground mining technologies is their combination. The economic efficiency of combining technologies that differ in the quantity and quality of extracted reserves is determined by the comparison of costs in the extraction of conditioning ores with the extraction of metals in the factory (the traditional method) and in underground leaching (innovative method) of metal, including off-balance ores and tailings.

**Keywords:** geoinformation, service, geo-service, spatial information. service, geoinformation services, geoinformatics.

© Коллектив авторов, 2017

## ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА РЕФРАКЦИИ В НИВЕЛИРОВАНИИ

Мозжухин О.А.

Кандидат технических наук, профессор,  
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

Адрес: 603107 Нижегородская обл., Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97

Е-mail: [mozzhuxin@yandex.ru](mailto:mozzhuxin@yandex.ru)

**Аннотация:** Рассмотрены основные положения теории (метода) подобия и ее практическое приложение на конкретном примере. Показана история развития метода с начала прошлого столетия до наших дней. Коэффициент рефракции занимает при этом промежуточную роль в причинно-следственной связи от интегрального градиента температуры воздуха до систематической ошибки.

**Ключевые слова:** Рефракция, нивелирование, метод подобия, поправки, интегральный и локальный.

Проблема учета рефракции в тригонометрическом нивелировании возникла в 17 столетии при проложении триангуляционного ряда для измерения известной дуги меридиана, проходящей через Париж. Французский астроном Ж. Пикар (1620-82) предложил способ определения поправок (1669-70) в одностороннем нивелировании с использованием коэффициента земной рефракции  $k = R_3/R_0$ , представляющего собой обратную величину траектории оптического луча  $R_0$ , выраженного в единицах земного радиуса  $R_3$ , оказавшегося равным 0,18. Поправку за счет влияния рефракции находят по аналогии с поправкой за кривизну Земли по формуле [7,8]:

$$\rho = 0,5 \cdot S^2 \cdot R_0^{-1} = 0,5 \cdot S^2 \cdot R_3^{-1} \cdot k, \quad (1)$$

где  $S$  — расстояние между пунктами. При этом коэффициент  $k = 2\rho_0 S^{-2} R_3$  находят путем измерения разности высот  $\rho_0 = h - h_0$  между видимым изображением цели и ее действительным положением. Для определения поправок пользуются постоянным или заранее измеренным значением  $k$ .

Важным шагом в развитии проблемы была предложенная В. Иорданом (1876) формула, носящая его имя:

$$\kappa = 503 p T^{-2} (0,0342 - \gamma_z), \quad (2)$$

устанавливающая связь «локального» коэффициента рефракции  $k$  с метеопараметрами атмосферы: давлением  $p$  (мб), абсолютной температурой  $T$  К и ее вертикальным градиентом  $\gamma_z = -dT/dz$  (К/м) в отдельной точке визирного луча. Знак градиента считается положительным, когда температура воздуха падает с высотой. При этом переменная  $\gamma_z$  является определяющим фактором, формирующим переменную  $k$ .

Обратная величина радиуса  $R_0$  представляет собой градиент показателя преломления воздуха [23]:

$$R_0^{-1} = -\frac{dn}{dz} = -\left(\frac{dN}{dz}\right) \cdot 10^{-6}. \quad (3)$$

Этот вывод вытекает из уравнений Д.К. Максвелла (1831-79), создателя теории электромагнетизма и распространения радиоволн.

Под показателем преломления понимают отношение  $n = c_0/c$  скорости света в пустоте к той же скорости в атмосфере. При этом удобнее представлять это число в  $N$ -единицах:  $N = (n - 1) \cdot 10^6$ . Величина показателя преломления  $N$  пропорциональна плотности воздуха. Отсюда можем написать:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{p \cdot T_0}{T \cdot p_0},$$



где  $N_0 = 278,24$  — показатель преломления при «нормальной» плотности воздуха ( $p_0 = 1013,25 \text{ мб}$ ,  $T_0 = 288 \text{ К}$ ) с длиной волны  $\lambda = 0,53 \text{ мкм}$  (зеленая часть спектра). После подстановки получим:

$$N = 79 \cdot p/T. \quad (4)$$

Взяв логарифмическую производную по высоте от левой и правой частей последнего равенства, получим:

$$\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dz} = \frac{1}{p} \cdot \frac{dp}{dz} - \frac{1}{T} \cdot \frac{dT}{dz}, \quad (5)$$

откуда следует, что вертикальный градиент показателя преломления определяется градиентами давления и температуры воздуха. При этом закономерности изменения давления с высотой более просты и определены по сравнению с закономерностями температуры. Давление всегда падает с высотой, в то время как температура в приземном слое может как убывать, так и возрастать. Согласно основному уравнению статики, атмосферы имеем:

$$-dT/dz = g p/T R_c, \quad (6)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести ( $9,81 \text{ м/сек}^2$ ),  $R_c$  — удельная газовая постоянная сухого воздуха ( $287 \text{ м}^2/\text{сек}^2 \cdot \text{град}$ ). После подстановки уравнения (6) в (5) с учетом соотношения (6) находим:

$$\frac{dN}{dz} = -79 \cdot \frac{p}{T^2} \left( 0,0342 + \frac{dT}{dz} \right), \quad (7)$$

где  $\gamma_A = g/R_c = 0,0342 \text{ К/м}$  — градиент автоконвекции. Подставляя соотношение (7) в (1) с учетом (3), получим:

$$\rho = 39,5 \cdot p \cdot T^{-2} \cdot S^2 (0,0342 - \bar{\gamma}_z) \cdot 10^{-6}, \quad (8)$$

где  $\bar{\gamma}_z = -dT/dz$  — интегральный градиент температуры воздуха на пути распространения оптического луча ( $\text{К/м}$ ).

Из последнего соотношения трудно получить формулу для определения  $\bar{\gamma}_z$  путем измерения параметра  $\rho_0$  [13, 22]:

$$\bar{\gamma}_z = 0,0342 - \left( \frac{\rho_0 T^2}{39,5 p S^2} \right) \cdot 10^6 \approx 0,0342 - (2\rho_0 S^{-2}) \cdot 10^6 \quad (9)$$

Градиенты  $\bar{\gamma}_z, \gamma_z$  в формулах (9) и (2) — величины одной физической природы с одинаковой размерностью. Однако они различаются способами получения измеряемых величин, а следовательно точностью градиентов. Согласно выполненным исследованиям [28], точность измерения  $\bar{\gamma}_z$  характеризуется погрешностью  $\sim 5 \cdot 10^{-4} \text{ К/м}$ . В то время как погрешность определения  $\gamma_z$  составляет  $\sim 5 \cdot 10^{-2} \text{ К/м}$  [10], т. е. на два порядка грубее. Отсюда следует, что использование  $\gamma_z$  в качестве альтернативы градиенту  $\bar{\gamma}_z$  не имеет перспективы. При этом надо отметить, что на протяжении последнего столетия предпринимались неоднократные попытки определения поправок путем метеоизмерений как в геометрическом, так и тригонометрическом нивелировании. На геодезической секции Международного геодезического и геофизического союза (МГГС) в 1951 г. было признано, что исследование нивелирной рефракции считается одной из самых важных геодезических задач [8]. Иностранцами и советскими специалистами были предложены формулы для определения поправок за счет влияния рефракции в геометрическом нивелировании, основанные на измерении температурных разностей  $\Delta T = T_1 - T_2$  между высотами  $z_1$  и  $z_2$  в нижнем трехметровом слое атмосферы, отличающиеся уравнениями, описывающими распределение температуры с высотой [25]. Эти формулы были проверены экспериментально Энтиным И. И. [26], на основе чего он пришел к выводу, что ни одна из них не позволяет повысить точность результатов

нивелирования. Причину этого автор видел в недостаточной точности температурных градиентов, основанных на использовании метеорологических измерений. К аналогичному выводу пришли авторы монографии [9] в отношении к тригонометрическому нивелированию: при всей определенности корреляции между коэффициентами рефракции, найденными из геодезических и метеорологических измерений, нельзя говорить о практической возможности расчета поправок, основанных на использовании метеоданных.

Согласно теории подобия Монина-Обухова изменение температуры с высотой в приземном слое подчиняется в условиях нейтральной термической стратификации логарифмической закономерности [1]:

$$\gamma_z = \frac{T_1 - T_2}{z \ln z_2/z_1} = \frac{T_*}{z} \quad (10)$$

В условиях термически неоднородной среды в формуле добавляют безразмерный множитель. При этом используется универсальная функция:

$$\gamma_z = T_* \cdot z^{-1} \varphi(z/L), \quad (11)$$

где  $T_*, L$  — комплексные числа, составленные из параметров, определяющих физические процессы в приземном слое, имеющие размерность температуры и длины. Безразмерная функция  $\varphi(z/L)$  зависит от состояния термической стратификации. Ее влияние на переменную  $\gamma_z$  не превосходит 10%.

Опираясь на указанную теорию, предложена уточненная формула расчета температурного градиента  $\gamma_z$  для подстановки в (8) с целью учета рефракции в тригонометрическом нивелировании [1]. Аргументами для определения градиента служат температура воздуха и скорость ветра, измеренные на высотах 0,5 и 2 м (или 1 и 4 м), а также атмосферное давление и влажность воздуха. Это

позволяет определить число Ричардсона ( $Ri$ ), а затем и величину параметра  $z/L$ . С помощью тех же аргументов находят величины  $u_*$  и  $Q$  (динамическая скорость и поток тепла) для определения параметров  $T_*, L$  в формуле (11).

Экспериментальная проверка метода путем сравнения градиентов, определенных из геодезических и метеорологических измерений, указала на наличие статистической связи между ними с коэффициентом корреляции 0,8, чего оказалось недостаточно для практических расчетов.

Аналогичный подход решения задачи предложил австрийский профессор Brunner F.K. [29] для определения угла рефракции с использованием структурных характеристик турбулентной атмосферы. Исследования метода и его экспериментальная проверка с использованием современных измерительных технологий [32,46,47] не вышли за рамки экспериментальной проработки.

Львовская отраслевая лаборатория посвятила изучению колебаний визирных целей в поисках путей учета рефракции более 50 лет. Однако решить проблему не удалось, поскольку температурные градиенты на высоте визирного луча остаются неизвестными, что является главным барьером на пути развития рефрактометрии [24].

В работе [4] обсуждается комплексный подход к учету влияния приземного слоя на измерение углов и расстояний. По мнению автора, задача повышения точности тригонометрического нивелирования за счет учета влияния вертикальной рефракции бесспорно является одной из самых актуальных и сложных задач геодезии. Основным аргументом для расчета поправок остается температурный градиент, измеряемый посредством термометров в нижнем трехметровом слое атмосферы. Убедительной экспериментальной проверки метода автор не приводит.

Причина недостаточной эффективности непосредственного использования коэффициента рефракции (интегрального градиента) для расчета поправок связана с пространственно-временной изменчивостью температуры и ее вертикального градиента, возникающей в приземном слое вследствие взаимодействия воздушного потока с подстилающей поверхностью.

Итак, несмотря на многолетние усилия, проблема учета рефракции в нивелировании остается нерешенной. Одна из важных причин связана с отсутствием содержательной теоретической базы, включающей рассмотрение взаимодействия оптического луча с физическими процессами, протекающими в приземном слое атмосферы, применительно к учету рефракции в нивелировании с использованием физических методов исследования. Статистических методов здесь недостаточно, поскольку корреляционные связи, полученные на их основе, остаются справедливыми в пределах принятых в обработку опытных данных. Подводя итоги исследованиям геодезической рефракции, Изотов А.А. отмечал [9], что влияние атмосферы вызывает наиболее значительные ошибки геодезических измерений. При этом опытные измерения отражают лишь условия места и времени проведения эксперимента, а потому задача сводится к обобщению результатов. Возникающие отсюда трудности вряд ли могут быть преодолены традиционно применяемыми в геодезии методами.

Начиная с 1970-80 г. г., проблема рассматривается как область применения физического моделирования, тесно связанного с теорией (методом) подобия [3]. Описанию этой теории и ее технических приложений посвящена обширная библиография.

Изучение физической задачи методом подобия начинают с отбора факторов, лежащих в основе физического явления. На основании изложенного выше можно прийти к выводу, что основными

параметрами, определяющими физический процесс, являются интегральный градиент температуры воздуха на пути распространения оптического луча, величина которого зависит как от расстояния до подстилающей поверхности, так и от состояния термической стратификации. Следовательно, решение сводится к определению функции вида  $\bar{\gamma}_z = f(z_{cp}, \gamma_1)$ , которую можно найти путем применения методологии подобия и моделирования, поскольку аналитическое решение физических задач сопряжено, как правило, с большими математическими трудностями. В процессе отбора определяющих процесс параметров важно не опустить главные факторы и отсеять второстепенные. Имея сравнительно ограниченный ряд экспериментальных данных и обрабатывая их в безразмерных величинах (числах подобия), представляется возможным установить функцию перехода для пересчета измеренных на опытном объекте градиентов  $\bar{\gamma}_z$  к натурным условиям, где такие измерения невозможны по определению. Параметры  $z_{cp}, \gamma_1$  входят в так называемые условия однозначности (единственности) решения. Они позволяют из большого многообразия градиентов  $\bar{\gamma}_z$ , имеющих место на натурном объекте, выбрать конкретное значение, отвечающее условиям проведения геодезических наблюдений.

Обработку величин, измеренных на опытном объекте (физической модели), представляют в безразмерном виде в форме степенной зависимости как наиболее простой и гибкой:

$$\pi = a \cdot \pi_1^m \cdot \pi_2^n, \quad (12)$$

где  $\pi, \pi_1^m, \pi_2^n$  — безразмерные числа, составленные из переменных  $\bar{\gamma}_z, z_{cp}, \gamma_1$ ;  $a, m, n$  — постоянные числа (эмпирические константы). При этом  $\pi$  — опреде-

ляемое число подобия, куда входит иско-  
мая переменная  $\bar{\gamma}_Z$ ; а  $\pi_1, \pi_2$  — определя-  
ющие числа, составленные из известных  
(измеренных) величин.

При логарифмировании функции  
(12) имеем уравнение прямой, где пока-  
затель степени представляет собой тан-  
генс угла наклона этой прямой к оси абс-  
цисс. Если облако опытных данных, по-  
лучаемое в обычных координатах, укла-  
дывается вдоль одной прямой в специ-  
ально выбранных автомодельных коор-  
динатах (в данном случае — логарифми-  
ческих), то возникает возможность уста-  
новления показателя степени  $n$  (при по-  
стоянном значении  $\pi_1$ ), а затем по ана-  
логии определяют показатель степени  
 $m$ . После этого находят постоянную  
 $a = \pi / \pi_1^m \cdot \pi_2^n$ . При использовании при-  
нятых в обработку величин  $\bar{\gamma}_Z, z_{cp.}, \gamma_1$  со-  
отношение (12) принимает вид:

$$\gamma_1 / \bar{\gamma}_Z = a \cdot (z_{cp.} / z_o)^m \cdot (\gamma_1 / \gamma_o)^n, \quad (13)$$

где  $\pi$  — комплексный безразмерный  
параметр, включающий переменную  $\bar{\gamma}_Z$ .  
 $\pi_1 = z_{cp.} / z_o, \pi_2 = \gamma_1 / \gamma_o$  — симплексы, где  
параметры  $z_{cp.}, \gamma_1$  представлены в без-  
размерном виде путем деления на харак-  
терное число, в качестве которого  
можно принять среднее из принятых в  
обработку величин.

Порядок обработки показан на  
практических примерах [10, 17, 18, 33,  
35, 38, 43, 44], в результате чего установ-  
лена зависимость:

$$\bar{\gamma}_Z = 0,83 \cdot \gamma_1^{0,2} \cdot z_{cp.}^{-1}, \quad (14)$$

позволяющая находить поправку  $\rho$  к  
измеренному односторонним нивелиро-  
ванием превышению на основании  
легко доступных для непосредственного  
измерения величин  $z_{cp.}, \gamma_1$ . Требования к  
точности определения последних срав-  
нительно невысока. Между величинами,

входящими в формулу (14), существуют  
внутренние физические связи. При этом  
постоянная  $a$  может быть определена на  
основе единичных измерений.

$$a = \frac{\bar{\gamma}_Z \cdot z_{cp.}}{\gamma_1^{0,2}}. \quad (15)$$

Рассмотрим две системы:

$$a' = \frac{\bar{\gamma}_Z' \cdot z_{cp.}'}{(\gamma_1^{0,2})'}, \quad a'' = \frac{\bar{\gamma}_Z'' \cdot z_{cp.}''}{(\gamma_1^{0,2})''},$$

одна из которых (с одним штрихом) по-  
лучена на опытном объекте (модели).  
Поэтому все входящие в нее величины  
известны (измерены).

Величины второй системы, каче-  
ственно одинаковые с первыми, отлича-  
ются от них масштабом, то есть связаны  
равенством:  $a'' = k_a \cdot a', \bar{\gamma}_Z'' = k_{\bar{\gamma}} \cdot \bar{\gamma}_Z',$   
 $z_{cp.}'' = k_z \cdot z_{cp.}', (\gamma_1^{0,2})'' = k_{\gamma} \cdot (\gamma_1^{0,2})'$ . Разделив  
почленно равенство второй системы на  
первое, получим:

$$\frac{a''}{a'} = \frac{\bar{\gamma}_Z'' \cdot z_{cp.}'' \cdot (\gamma_1^{0,2})''}{\bar{\gamma}_Z' \cdot z_{cp.}' \cdot (\gamma_1^{0,2})'} \quad \text{или}$$

$$\frac{\bar{\gamma}_Z'' \cdot z_{cp.}'' \cdot (\gamma_1^{0,2})'' \cdot a'}{\bar{\gamma}_Z' \cdot z_{cp.}' \cdot (\gamma_1^{0,2})' \cdot a''} = 1.$$

Ограничиваясь переходными коэф-  
фициентами, можем написать:

$$\frac{k_{\bar{\gamma}} \cdot k_z}{k_{\gamma} \cdot k_a} = 1. \quad (16)$$

При этом важно, чтобы сохранялось ра-  
венство  $k_{\bar{\gamma}} \cdot k_z = k_{\gamma} \cdot k_a$ . С другой стороны,  
сгруппировав все величины одной и дру-  
гой системы в безразмерные комплексы,  
найдем:

$$\frac{\bar{\gamma}_Z' \cdot z_{cp.}'}{(\gamma_1^{0,2})' \cdot a'} = \frac{\bar{\gamma}_Z'' \cdot z_{cp.}''}{(\gamma_1^{0,2})'' \cdot a''}.$$

или

$$K = \frac{\bar{\gamma}_z \cdot z_{cp.}}{\gamma_1^{0,2} \cdot a} - idem, \quad (17)$$

где символ *idem* означает «соответственно одинаковый». *K* — безразмерный комплекс, остающийся инвариантным (неизменным) для всех подобных систем.

Рассмотрим расчет поправок на

практическом примере, В табл. 1 (графа 3) указаны результаты измерений шести превышений, полученных односторонним нивелированием на линии с положительным уклоном  $h_1$  длиной 620,5 м при высоте луча над земной поверхностью  $z_{cp.} \sim 2,5$  м. Измерения выполнены в Нижегородской области 10 июля ( $T=299$  К,  $p=984$  мб).

Таблица 1

№№/п.п.	Время, час	$h_1$ , мм	$\rho_{01}$ , мм	$\gamma_1$ , К/м	$\rho_1$ , мм	$\rho_1 - \rho_{91}$ , мм
1	2	3	4	5	6	7
1	11,7	1743	-16	0,07	-27	-11
2	11,0	1727	-32	0,08	-27	5
3	11,3	1724	-35	0,09	-28	7
4	11,5	1719	-40	0,10	-29	11
5	11,8	1729	-30	0,12	-30	0
6	12,0	1724	-35	0,12	-30	5
7	Среднее	1728	-31	0.10	-28	3

В графе 4 указаны разности  $\rho_{01} = h_1 - h_o$ , где превышение  $h_o = 1759$  мм измерено высокоточным нивелированием. Градиенты  $\gamma_1$  на высоте  $z=1$  м определены на основе показаний аспирационного психрометра по известной методике, описанной в [10,11,35,38]. По формуле (9) вычислены интегральные градиенты, которые после подстановки в (8) позволили определить систематические ошибки за счет влияния рефракции, указанные в графе 6. В графе 7 приведены отклонения последних от измеренных величин.

Воспользуемся средним значением  $\rho_{01} = -31$  мм и по формуле (9) подсчитаем интегральный градиент  $\bar{\gamma}_z = 0,2194$  К/м, а после подстановки в (15) получим коэффициент  $a_1 = 0,87$ . Одновременные измерения превышений  $h_2$  были выполнены в обратном направлении. Среднее

из шести измерений составило 1829 мм. Отсюда имеем  $\rho_{02} = h_o - h_2 = -70$  мм, на основании чего по аналогии получим  $\bar{\gamma}_z = 0,4514$  К/м и  $a_2 = 1,80$ .

В табл. 2 представлены результаты измерения превышений  $h_1$  и  $h_2$  на линии:  $S = 344,71$  м;  $h_o = 1238$  мм;  $z_{cp.} \sim 2,1$  м. Наблюдения производили 21 июля ( $T=293$  К,  $p=1010$  мб), При этом измерения  $h_1$  были выполнены в период с 12 до 13 ч. ( $\gamma_1 \sim 0,12$  К/м), а  $h_2$  — между 15 и 16 часами ( $\gamma_1 \sim 0,06$  К/м).

В графах 4 и 5 указаны разности  $\rho_{01} = h_1 - h_o$  и  $\rho_{02} = h_o - h_2$ , а в графах 6 и 7 — соответствующие величины, рассчитанные с помощью формулы (15) и коэффициентами соответственно  $a_1 = 0,87$  и  $a_2 = 1,80$ . В графах 8 и 9 приведены соответствующие отклонения чисел.



Таблица 2

№№ /п.п	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм	$\rho_{01}$ , мм	$\rho_{02}$ , мм	$\rho_1$ , мм	$\rho_2$ , мм	$\rho_1 - \rho_{01}$ , мм	$\rho_2 - \rho_{02}$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1212	1262	-26	-24	-13	-25	-13	-1
2	1228	1266	-10	-28	-13	-25	3	3
3	1220	1254	-18	-16	-13	-25	5	-9
4	1218	1251	-20	-13	-13	-25	7	-12
5	1211	1262	-27	-24	-13	-25	14	-1
Ср	1218	1259	-20	-21	-13	-25	3	-4

Как видим, введение поправок позволило существенно снизить систематическое влияние рефракции в одностороннем тригонометрическом нивелировании. Это показано также в ряде других работ [2, 5, 6, 17]. Однако это лишь первый этап решения задачи. Практический интерес представляет собой учет рефракции в сетях двустороннего тригонометрического [21] и геометрического (прецизионного) нивелирования [20].

Применение метода в двустороннем нивелировании поясним на примере в табл. 3, где представлены

результаты нивелирного хода, состоящего из трех превышений (графа 5), первые два из них имеют положительный уклон, а третье – отрицательный. Их алгебраическая сумма указана в строке 6. Поскольку превышение между конечными пунктами  $\Delta H_0 = 5282$  мм, то невязка в ходе равна  $f_h = \Sigma h_{cp.} - \Delta H_0 = 37$  мм, которую принято распределять пропорционально длинам линий. В данном случае пойдём другим путем.

Таблица 3

№№ п.п.	$h_o$ , мм	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм	$h_{cp.}$ , мм	$\rho_\Sigma$ , мм	$\delta_0$ , мм	$\delta$ , мм	$h_u$ , мм	$S$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1759	1727	1839	1783	-112	24	20	1763	620,5
2	14241	14186	14341	14264	-155	23	28	14236	950,9
3	10718	10697	10758	-10728	-61	10	11	10717	581,5
4	16000	15913	16180	16047	-267	47	48	15009	
5	-10718	-10697	-10758	-10728	61	-10	-11	-10717	
6	5282	5216	5422	5319	-206	37	37	5282	

В графе 3 указаны превышения, измеренные на подъём, а в графе 4 – на спуск. В строках 4 и 5 представлены суммарные значения этих превышений, сгруппированные по знаку превышений  $h_{cp.}$  в графе 5. В графе 6 приведены разности  $\rho_\Sigma = h_1 - h_2$  измеренных величин. На основании данных, полученных в строке 6, имеем:

$$\rho_{01} = \Sigma h_1 - \Delta H_0 = -66 \text{ мм}, \rho_{02} = \Delta H_0 - \Sigma h_2 = -140 \text{ мм},$$

что позволяет определить коэффициент пропорциональности (множитель подобного преобразования) по формуле [21,39,40,41]:

$$C = \frac{\rho_{01} - \rho_{02}}{\rho_{01} + \rho_{02}} = \frac{2\delta_0}{\rho_\Sigma} = \frac{74 \text{ мм}}{(-206 \text{ мм})} = 0,359.$$

Отсюда, на основании известного соотношения  $\delta = 0,5 \cdot C \cdot \rho_{\Sigma}$ , находим вызванные влиянием рефракции величины в графе 8. В графе 9 указаны исправленные поправками превышения  $h_{cp}$ . Поправки вводятся с обратным знаком, независимо от знака превышения. Алгебраическая сумма исправленных превышений совпала с соответствующей величиной, полученной высокоточным нивелированием. Длины линий указаны в графе 10.

На основании данных в табл. 3 подсчитаем коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$ , аналогичные тем, которыми пользовались при одностороннем нивелировании. В графах 2,3 (табл. 4) приведены разности чисел  $\rho_{01} = h_1 - h_0$  и  $\rho_{02} = h_0 - h_2$ , подсчитанные по данным в табл. 3, а в графе 4 указаны их суммы.

Градиенты в графах 5,6,7 подсчитаны по формуле (9) на основании аргументов, указанных соответственно в графах 2,3,4, с использованием метеопараметров «стандартной атмосферы» ( $T=288$  К,  $p=1013$  мб). При подсчете  $\bar{\gamma}_{cp}$  использовали среднее значение  $0,5 \rho_{\Sigma}$ . Данные в графах 8 и 9 представлены в виде:  $a_1 = \bar{\gamma}_{z1} / \bar{\gamma}_{cp}$  и  $a_2 = \bar{\gamma}_{z2} / \bar{\gamma}_{cp}$ . Отсюда имеем:  $a_1 \sim 0,7$  и  $a_2 \sim 1,3$ .

Расчет с использованием полученных коэффициентов рассмотрим на примере. С концов линии длиной 679 м измерены превышения  $h_1 = 17152$  мм и  $h_2 = 17218$  мм. Отсюда находим  $\rho_{\Sigma} = -66$  мм

и  $\bar{\gamma}_{cp} = 0,184$  К/м, а затем  $\bar{\gamma}_{z1} = 0,7 \bar{\gamma}_{cp} = 0,129$  К/м и  $\bar{\gamma}_{z2} = 1,3 \bar{\gamma}_{cp} = 0,240$  К/м. После этого по формуле (8) получим  $\rho_1 = -21$  мм и  $\rho_2 = -45$  мм. Исправленные поправками превышения  $h_1$  и  $h_2$  оказались равными 17173 мм. Определенное высокоточным нивелированием превышение равно 17168 мм. Результат измерений двустороннего нивелирования составляет 17185 мм. Он отличается от предыдущего на 17 мм, а исправленный поправками на 5 мм.

Рассмотрим замкнутый ход длиной 2,1 км, проложенный электронным тахеометром при топографической съемке участка 5 августа в Нижегородской области. Результаты измерений указаны в графе 2 (табл. 5). Невязка хода составила 2 мм.

В строках 8 и 9 представлены суммарные значения чисел, сгруппированные по знаку превышений  $h_{cp}$  в графе 2, а в строке 10 их разности (остатки). Принимая во внимание, что в замкнутом ходе  $h_0 = 0$ , имеем:  $\rho_{01} = h_1 - h_0 = 9$  мм,  $\rho_{02} = h_0 - h_2 = 13$  мм,  $\rho_{\Sigma} = \rho_{01} + \rho_{02} = 22$  мм, что совпадает с результатом в графе 5 (строка 10). Отсюда находим коэффициент подобного преобразования  $C = (\rho_{01} - \rho_{02}) / \rho_{\Sigma} = 2 \delta_0 / \rho_{\Sigma} = -0,18$ . Используя данные в графе 5, по формуле  $\delta = 0,5 \cdot C \cdot \rho_{\Sigma}$  вычислены значения чисел в графе 6. Исправленные поправками превышения указаны в графе 7.

Таблица 4

№№ п.п.	$\rho_{01}$ , мм	$\rho_{02}$ , мм	$\rho_{\Sigma}$ , мм	$\bar{\gamma}_{z1}$ , К/м	$\bar{\gamma}_{z2}$ , К/м	$\bar{\gamma}_{cp}$ , К/м	$a_1$	$a_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-32	-80	-112	0,209	0,470	0,340	0,61	1,38
2	-55	-100	-155	0,162	0,266	0,214	0,76	1,24
3	-21	-40	-61	0,165	0,283	0,224	0,74	1,26

№№ п.п.	$h_{cp.}$ , мм	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм	$\rho_{\Sigma}$ , мм	$\delta$ , мм	$h_u$ , мм	$S$ , км
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-8651	8672	8630	42	-4	8655	0,22
2	-13825	13885	13766	119	-11	13836	0,19
3	-4988	4989	4987	2	0	4988	0,11
4	-373	377	369	8	-1	374	0,19
5	14187	14206	14168	38	-3	1490	0,31
6	1680	1681	1680	1	0	1680	0,08
7	11968	12045	11968	154	-14	11982	0,71
8	27835	27932	27739	193	-16	27852	2,10
9	-27837	-27923	-27852	-171	17	-27853	
10	-2	9	-13	22	1	-1	

Накопление систематических ошибок, вызванных влиянием рефракции, происходит пропорционально разности высот между определяемым и начальным пунктами нивелирного хода. На невязке в замкнутом ходе влияние рефракции не отражается. Максимальное расхождение сумм превышений  $\delta = \Sigma h_{cp.} = \Sigma h_0$  в середине хода (табл. 3) составило 47 мм, а в табл. 5 равно 16 мм. Систематические ошибки суммируются по аналогии со сложением превышений в нивелирном ходе.

Итак, определяющим процесс параметром (физическим носителем) в формировании поправок является интегральный температурный градиент. Коэффициент рефракции представляет собой промежуточное звено в этой цепи.

Температурные градиенты, определяемые путем метеорологических измерений, не позволяют находить поправки за счет влияния рефракции с достаточной для практических целей точностью.

Рассмотренный путь решения задачи, основанный на применении методологии подобия и моделирования, позволяет повысить точность результатов нивелирования за счет учета рефракции. При этом весьма простыми средствами.

### Литература

1. Алексеев А.В., Кабанов М.В., Куштин И.Ф. Оптическая рефракция в земной атмосфере (горизонтальные трассы). — Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1982. 160 с.
2. Баранов В.Н., Гордеевцев А.В. Применение метода подобия для учета рефракции в тригонометрическом нивелировании. В кн.: Землеустройство и кадастр недвижимости: проблемы и пути их решения. Материалы Международного научно-практического форума. ГУЗ. М., 2014.
3. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования: Применительно к задачам электроэнергетики. — «Электротехника». Изд. 4. 2014. 440 с.
4. Вшивкова О.В. Косвенные определения вертикальной рефракции. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — вып. 1. М., 2006, с. 46-53.
5. Гордеевцев А.В. Исследование способа учета рефракции в электронной тахеометрии. — Геодезия и картография. 2007. № 4. с. 23-25
6. Гордеевцев А.В., Мозжухин О.А. К учету рефракции в нивелировании. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, вып. 1: М., 2005. с. 34-37.
7. Иордан В., Эггерт О., Кнейссль М. Руководство по высшей геодезии. ч.2. Прецизионное нивелирование. — М., Госгеолтехиздат, 1963. — 263 с.

8. Изотов А.А., Пеллинен Л.П. Исследование земной рефракции и методов геодезического нивелирования. Труды ЦНИИГАиК, М., 1955, вып. 102. — С. 176.
9. Изотов А.А. Соображения об исследованиях в области атмосферной рефракции // Геодезия и картография. — 1975. №1. — С. 12-16.
10. Константинов А.Р. Испарение в природе. — Л., Гидрометеиздат. — 1968. — 532 с.
11. Мозжухин О.А. Рефракция в нивелировании и способ ее учета / Горьков. инж. строит. и-т. — Горький, 1986. — 186 с. — Деп. в ВИНТИ 5.06.86. № 41.
12. Мозжухин О.А. Технология учета рефракции в нивелировании / Нижегород. гос. архитектур. строит. ун-т. Н. Новгород, 2007. — 25 с. Деп. в ВИНТИ РАН 05. № 03.07. № 206-В 2007.
13. Мозжухин О.А. Рефракция в нивелировании и способ ее учета / Нижегород. гос. сельхоз. академия. Н. Новгород, 2010. 32 с. Деп. в ВИНТИ РАН 20.07.10. № 459-В 2010.
14. Мозжухин О.А. Метод подобия при учете атмосферных влияний в геодезических измерениях. // Геодезия и картография. 1992. — № 2. — С.7-9.
15. Мозжухин О.А. Учет рефракции методом вспомогательного базиса. — Геодезия и картография. М., 1993. № 9 с. 16-18.
16. Мозжухин О.А. Определение поправок за влияние рефракции в тригонометрическом нивелировании // Геодезия и картография. М., 1994. № 6. — с. 16-17.
17. Мозжухин О.А. В защиту формулы Иордана // Геодезия и картография. М., 1996. № 6. — с. 24-26.
18. Мозжухин О.А. Применение метода подобия для учета рефракции в нивелировании // Геодезия и картография. М., 2003. № 7. — с. 16-21.
19. Мозжухин О.А. Применение метода подобия для учета влияния атмосферы на геодезические измерения / Нижегород. гос. архитектур.- строит. ун-т. — Н. Новгород, 2005. — 64 с. — Деп. в ВИНТИ 03.05.05. № 646 — В.
20. Мозжухин О.А. Рефракция в двустороннем тригонометрическом нивелировании и способ ее учета. — Изв. вузов. Строительство. 1997. № 8. — с.139-144.
21. Мозжухин О.А. Рефракция в нивелировании. Способ учета. — Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». № 1. — 2013. с. 39-48.
22. Мозжухин О.А. Метод подобия при учете рефракции в нивелировании. Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». № 4. — 2013. с. 29-40.
23. Мозжухин О.А. К анализу путей развития проблемы учета рефракции в нивелировании // Геодезия и картография. 2016. №11. С. 16-19.
24. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн. — М., Наука. 1978. — 543 с.
25. Островский А.Л., Джумам Б.М., Заблочный Ф.Д. и др. Учет атмосферных влияний на астрономо-геодезические измерения. М.: Недра. 1990. — 235 с.
26. Островский А.Л., Власенко С.Г. Опыт применения метеорологического метода учета вертикальной рефракции в тригонометрическом нивелировании. — В кн: Геодезия, картография и аэрофотосъемка. Львов. 1984. Вып.39. с. 81-85.
27. Островский А.Л. Достижения и задачи рефрактометрии. — «Геопрофи». М., № 1. 2008. с. 6-15.
28. Павлов Н.А. Рефракция в точном и высокоточном нивелировании. Труды ЦНИИГАиК. Москва, 1937. вып. 23. 92 см.
29. Энтин И.И. Высокоточное нивелирование. — Труды ЦНИИГАиК. 1956. Вып.111. — 200 с.
30. Яковлев Н.В. Высшая геодезия. — Недра, М., 1989. 446 с.
31. Brocks K. Eine Methode zur Beobachtung des vertikalen Dichte- und Temperaturgefälles in den bodenfernen Atmosphärenschichten. — Meteorologische Zeitschrift. Berlin. 1940. Bd. 57. № 1.
32. Brunner F.K. Modelling of Atmospheric Effects on Terrestrial Geodetic Measurements. In: Geodetic Refraktion. ed. by Brunner. 1984. Springer Verlag. Berlin. s.143-162.
33. Brunner F. K. Diskussion der Modellierung der Vertikalrefraktion mit dimensionslosen atmosphärischen Parameter. Allgemeine Vermessungs Nachrichten. 6/2014 s. 226-233.

34. Binnenbruck B., Laumen C., Mozzuchin O.A., Seegers G., Witte B. Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zur Berechnung der Refraktion bei der trigonometrischen Höhenmessung. — Allgemeine Vermessungs Nachrichten. 4/2005.
35. Gasott N., Deußen D., Witte B. Methoden zur Bestimmung der geodätischen Refraktion bei terrestrischen Präzisionsmessungen. — Vermessungswesen und Raumordnung, H. 4, 1995. s.193-206.
36. Mozzuchin O.A. Die nivellitische Refraktion und ihre Berücksichtigung, Vermessungswesen und Raumordnung, 57, H. 7+8, 1995, S. 407-414.
37. Mozzuchin O.A. Einige Aspekte zum Problem der Geodätischen Refraktion. Vermessungswesen und Raumordnung. 61. Bonn.1999. H.3.
38. Mozzuchin O.A. Der Refraktion beim geometrischen Nivelliment - Theorie und Praxis. - Allgemeine Vermessungs- Nachrichten. 3/2001.
39. Mozzhukhin O.A., Gordeevtcev A.V. History of Considering Refraction in Leveling. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 1/2007. s. 3-6
40. Mozzuchin O.A. Zur Berechnung des Refraktionseinflusses bei gegenseitiger trigonometrischer Höhenmessung, - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 4/2009, s. 141-145
41. Mozzhukhin O.A. Technology for Correcting Refraction in Leveling, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 4/2008. s. 146-15.
42. Mozzhukhin O.A. Zur Berechnung der Refraktionseinflusses beim trigonometrischen Nivellement.- Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 11-12/2010. s. 374-377.
43. Mozzhukhin O.A. Die Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zur Bestimmung von Refraktionskorrekturen beim Nivellement. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 4/2013. s. 145-147.
44. Mozzhukhin O.A. Die Berücksichtigung der Refraktion beim Nivellement und ihre Entwicklungsgeschichte. - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 11-12/2014. s. 381-385.
45. Mozzhukhin O.A. Correction of leveling by refraction determined from meteorological measurement. Acta Geod., Geoph., Mont. Hung. Vol.14. 1979.
46. Mozzhukhin O.A. Refraction in leveling and a method for its determination — theoretical basis, Acta Geod., Geoph. Hun vol. 36(3), 2001. p. 297-312.
47. Mozzhukhin O.A. Application of the similarity theory for the computation of refraction in leveling. — Acta Geod., Geoph. Hung. Vol.39(4). 2004. P.395-402.

### References

1. Alekseev AV, Kabanov MV, Kushtin IF Optical refraction in the terrestrial atmosphere (horizontal lines). - But-Novosibirsk: Science, Siberian Department, 1982. 160 p.
2. Baranov VN, Gordeevtsev AV The application of the similarity method for taking refraction into account in trigonometric leveling. In: Land management and real estate cadastre: problems and ways to solve them. Materials of the International Scientific and Practical Forum. GOOSE. M., 2014.
3. Venikov VA, Venikov G.V. Theory of similarity and modeling: Applied to the tasks of the electric power industry. - Elec-trotechnika. Ed. 4. 2014. 440.c
4. O.Vshivkova. Indirect definitions of vertical refraction. - Izv. universities. Geodesy and aerial photography. - вып. 1. M., 2006, p. 46-53.
5. Gordeevtsev A.V. Investigation of the method of accounting for refraction in electronic tachometry. - Geodesy and cartography. 2007. № 4. p. 23-25
6. Gordeevtsev AV, Mozzhukhin OA To allow for refraction in leveling. - Izv.vuzov. Geodesy and aerial photography, vol. 1: M., 2005. p. 34-37.
7. Jordan V., Eggert O., Kneissl M. Guidance on Higher Geodesy. p.2. Precision leveling. - M., Gosgeoltekhizdat, 1963. - 263 p.
8. Izotov AA, Pellinen LP Study of terrestrial refraction and methods of geodetic leveling. Trudy TsNIIIGaK, Moscow, 1955, no. 102. - P. 176.
9. Izotov A.A. Considerations on research in the field of atmospheric refraction // Geodesy and cartography. - 1975. №1. - P. 12-16.
10. Konstantinov A.R. Evaporation in nature. - L., Gidrometeoizdat. - 1968. - 532 p.
11. Mozzhukhin OA Refraction in leveling and the way it is accounted for / Gorkov. Ing. builds. and-t. - Gorky, 1986. - 186 with. - Dep. in the VINITI 5.06.86. No. 41.
12. Mozzhukhin OA Technology of accounting



- for re-fractionation in leveling / Nizhegorod. state. architectures. builds. un-t. N. Novgorod. 2007. - 25 with. Dep. in VINITI RAS 05. № 03.07. № 206-In.
13. Mozzhukhin OA Refraction in leveling and the way it is taken into account / Nizhegorod. state. agricultural. academy. N. Novgorod. 2010. 32 pp. Dep. in VINITI RAS № 459-In 2010.
  14. Mozzhukhin OA The similarity method when considering atmospheric influences in geodesic measurements. // Geodesy and cartography. 1992. - № 2. - C.7-9.
  15. Mozzhukhin OA Allowance for refraction by the method of an auxiliary basis. - Geodesy and cartography. M., 1993. № 9 with. 16-18.
  16. Mozzhukhin OA Determination of corrections for the influence of refraction in trigonometric leveling // Geodesy and cartography. M., 1994. № 6. - p. 16-17.
  17. Mozzhukhin OA In defense of the formula of Yor-dan // Geodesy and cartography. M., 1996. № 6. - p. 24-26.
  18. Mozzhukhin OA The application of the method in order to account for refraction in leveling // Geodesy and cartography. M., 2003. № 7. - p. 16-21.
  19. Mozzhukhin OA The application of the method of increasing to take into account the influence of the atmosphere on geodetic measurements / Nizhegorod. state. architects. - builds. un-t. - N. Novgorod. 2005. - 64 with. - Dep. in the VINITI on 03.05.05. No. 646 - V.
  20. Mozzhukhin OA Refraction in the two-sided trigonometric leveling and the way it is taken into account. - Izv. universities. Building. 1997. № 8. - p.139-144.
  21. Mozzhukhin O.A. Refraction in leveling. Method of accounting. - International scientific-technical and industrial magazine "Earth Sciences". № 1. - 2013. p. 39-48.
  22. Mozzhukhin O.A. The similarity method when taking into account refraction in leveling. International scientific and technical and industrial journal "Earth Sciences". № 4. - 2013. p. 29-40.
  23. Mozzhukhin OA To the analysis of the ways of development of the problem of taking into account refraction in the leveling // Geodesy and cartography. 2016. № 11. Pp. 16-19.
  24. Nikolsky V.V. Electrodynamics and propagation of radio waves. - M., Science. 1978. - 543 p.
  25. Ostrovsky AL, Dzhumam BM, Zablotsky-Kiy F.D. and others. Accounting for atmospheric influences on astronomical and geodetic measurements. M.: Nedra. 1990. - 235 p.
  26. Ostrovsky A.L., Vlasenko S.G. Experience in applying the meteorological method of taking vertical refraction into account in trigonometric leveling. - In: Geodesy, cartography and aerial photography. Lviv. 1984. Issue 39. from. 81-85.
  27. Ostrovsky A.L. Achievements and tasks of refractometry. - "GeoProfi". M., No. 1. 2008. p. 6-15.
  28. Pavlov NA Refraction in precise and high-leveling. Proceedings of CNIIGAiK. Moscow, 1937. Issue. 23. 92 cm.
  29. Entin I.I. High-precision leveling. - Proceedings of CNIIGAiK. 1956. Issue.111. - 200 sec.
  30. Yakovlev N.V. Higher geodesy. - Nedra, M., 1989. 446 p.
  31. Brocks K. Eine Methode zur Beobachtung des vertikalen Dichte- und Temperaturgefälles in den bodenfernen Atmosphärenschichten. - Meteorologische Zeitschrift. Berlin. 1940. Bd. 57. № 1.
  32. Brunner F.K. Modeling of Atmospheric Effects on Terrestrial Geodetic Measurements. In: Geodetic Refraktion. ed. by Brunner. 1984. Springer Verlag. Berlin. s.143-162.
  33. Brunner F. K. Diskussion der Modellierung der Vertikalrefraktion mit dimensionslosen atmosphärischen Parameter. Allgemeine Vermessungs Nachrichten. 6/2014 s. 226-233.
  34. Binnenbruck B., Laumen C., Mozzuchin O.A., Seegers G., Witte B. Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zur Berechnung der Refraktion für die deronomische Höhenmessung. - Allgemeine Vermessungs Nachrichten. 4/2005.
  35. Gasott N., Deuáen D., Witte B. Methoden zur Bestimmung der geodätischen Refraktion bei terrestrischen Präzisionsmessungen. - Vermessungswesen und Raumordnung, H. 4, 1995. s.193-206.
  36. Mozzuchin O.A. Die nivellitische Refraktion und ihre Berücksichtigung, Vermessungswesen und Raumordnung, 57, H. 7 +

- 8, 1995, S. 407-414.
37. Mozzuchin O.A. Einige Aspekte zum Problem der Geodatischen Refraktion. Vermessungswesen und Raumordnung. 61. Bonn.1999. H.3.
38. Mozzuchin O.A. Der Refraktion beim geometrischen Nivellement - Theorie und Praxis. - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. 3/2001.
39. Mozzhukhin O.A., Gordeevtcev A.V. History of Considering Refraction in Leveling. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 1/2007. s. 3-6
40. Mozzuchin O.A. Zur Berechnung des Refraktionseinflusses bei gegenseitiger trigonometrischer Höhenmessung, - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 4/2009, s. 141-145
41. Mozzhukhin O.A. Technology for Correcting Refraction in Leveling, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 4/2008. s. 146-15.
42. Mozzhukhin O.A. Zur Berechnung der Refraktionseinflusses beim trigonometrischen Nivellement.-Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 11-12 / 2010. s. 374-377.
43. Mozzhukhin O.A. Die Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zur Bestimmung von Refraktionskorrekturen beim Nivellement. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 4/2013. s. 145-147.
44. Mozzhukhin O.A. Die Berücksichtigung der Refraktion beim Nivellement und ihre Entwicklungsgeschichte. - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 11-12 / 2014. s. 381-385.
45. Mozzhukhin O.A. Correction of leveling by refraction is determined from meteorological measurement. Acta Geod., Geoph., Mont. Hung. Vol.14. 1979.
46. Mozzhukhin O.A. Refraction in leveling and a method for its determination - theoretical basis, Acta Geod., Geoph. Hun vol. 36 (3), 2001. p. 297-312.
47. Mozzhukhin O.A. Application of the similar theory for the computation of refraction in leveling. - Acta Geod., Geoph. Hung. Vol.39 (4). 2004. P.395-402.



## THEORY OF SIMILARITY IN SOLVING THE PROBLEM OF ACCOUNTING FOR REFRACTION IN LEVELING

*Mozzhukhin O.A.*

PhD, Professor, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy

**Address:** 97, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Nizhny Novgorod Region, Russia

**E-mail:** [mozzhukhin@yandex.ru](mailto:mozzhukhin@yandex.ru)

**Abstract:** *The basic principles of the theory (method) of similarity and its usage in practice are considered. The development of the method is presented since the beginning of the last century to the present. The refractive index has a transitional role in the causal relationships from the integral gradient of air temperature to a systematic error.*

**Keywords:** *Refraction, leveling, method of similarity, amendments, integral and local gradient.*

© Мозжухин О.А., 2017

## РАЗВИТИЕ ГЕО-СЕРВИСА

Цветков В.Я.

Доктор технических наук, профессор, Московский технологический университет (МИРЭА)

Адрес: 119454, ЦФО, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78

E-mail: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru)

**Аннотация:** Статья раскрывает содержание гео-сервиса как нового сервиса. Этот сервис основан на геоинформатике и применении геоданных. Статья анализирует зарубежный и отечественный опыт. Статья раскрывает содержание гео-сервиса как специфической услуги для потребителя или как геоинформационной услуги. К таким услугам гео-сервиса относят бытовые услуги по обеспечению безопасности частных домов, квартир и гаражей. К таким услугам гео-сервиса относят изыскательские работы для выбора места строительства и само строительство частных и общественных инженерных сооружений. Отмечено, что гео-сервисом обозначают услуги по проведению археологических изысканий и раскопок. Статья показывает, что основой гео-сервиса являются разнообразные геоданные и пространственная информация. Описано влияние услуг гео-сервиса на экономику и потребителей. Выделены три вида этого влияния: прямые услуги, потребительские эффекты и экономические последствия. Описаны услуги в области добычи полезных ископаемых. Раскрывается понятие электромагнитного гео-сервиса, который связан с геодинамикой и исследованием поверхности Земли. Описаны особенности геоинформационных услуг. Описаны особенности использования геоинформационных систем как интерфейса в сфере геоинформационных услуг. Рассмотрены кадастровые работы как вид гео-сервиса. Статья выполняет исследования транспортного гео-сервиса. Показано, что основой данного сервиса являются интеллектуальные транспортные системы и транспортные кибер-физические системы. Описана дополненная реальность как вид гео-сервиса. Показано значение спутниковых навигационных систем в различных технологиях гео-сервиса, как систем осуществляющих прямую и косвенную поддержку технологиям гео-сервиса. Описан гео-сервис в сфере образования.

**Ключевые слова:** геоинформация, сервис, гео-сервис, пространственная информация, обслуживание, геоинформационные услуги, геоинформатика.

## Введение

Термином «гео-сервис» обозначают широкий спектр услуг, связанный с использованием пространственной информацией. Существует большое число кампаний, имеющих одинаковое название Geoservices. Потребители все используют пространственную информацию в качестве услуги, называемой также «Геоинформационная услуга». В пяти крупнейших европейских экономиках 50% пользователей Интернет используют электронные карты в режиме онлайн. В этих экономиках 35% пользователей смартфонов делают это на своих телефонах [1]. В дополнение к этому происходит регулярное использование других геосервисов, Например, существуют системы, которые используют эти услуги для помощи координаторам поисково-спасательных операций. В них

оперативно определяют какие области необходимо обследовать для спасения людей, как зарегистрировать местонахождение членов экипажа судна, если они падают за борт и т.д. Некоторые из наиболее частых применений гео-сервиса включают в себя функции электронного правительства, помогающие жителям находить свои ближайшие общественные услуги, такие как досуг объектов, школ, транспорта и переработки [1].

Пространственная информация все чаще связывает потребителей и бизнес через службы на основе местоположения, которое определяют с мобильного устройства с картами и другими данными, чтобы связать потребителей с местными услугами, такими как стоматология, парикмахерские и кафе и пр. Пространственная информация как ресурс служит основой управления и планирования.

### Услуги в области добычи полезных ископаемых

Одна из старейших компаний, имеющих название Geoservice [2], это нефтесервисная сервисная компания, основанная в 1958 году Гастоном Ребилли (Gaston Rebilly). Ее штабквартира находится Руасси-ан-Франс, Франция. Количество сотрудников на 2009 год составляло 3 300 человек. Компания представляет ряд услуг, которые помогают оценить залежи углеводородов и оптимизировать полевые исследования, разработку и производство [2]. Головная организация компании Schlumberger. Группа Geoservices имеет множество отдельных компаний, которые предоставляют различные услуги по бурению, оценке месторождения, транспортировке, измерению и диагностике месторождений, а также по восстановлению скважин. Существует понятие электромагнитный гео-сервис, который связан с геодинамикой и исследованием поверхности Земли [3]. На рис.1 приведен результат электромагнитного сервиса как стратифицированное изображение разреза земной поверхности.

### Гео-сервис как услуги потребителя

В сфере программного обеспечения название гео-сервис связывают с двумя типами программного обеспечения: обслуживание геоинформационных систем и разработка интерфейсов для работы с пространственной информацией. В числе последних GeoServices [4] это интерфейс прикладного программирования на основе REST, который обеспечивает разработчикам последовательный и полный доступ к структурированным данным. Используя API, разработчики могут запрашивать данные с помощью SQL-подобных предложений геопространственных и временных фильтров, выполнения агрегаций,

сортировки, текстового поиска и пространственной проекции. Данные доступны в общих форматах [JSON] (query.html) и [Image] (view.html). Первоначально разработанный в Esri, в 2010 году этот сервис был перенесена в Open Web Foundation.

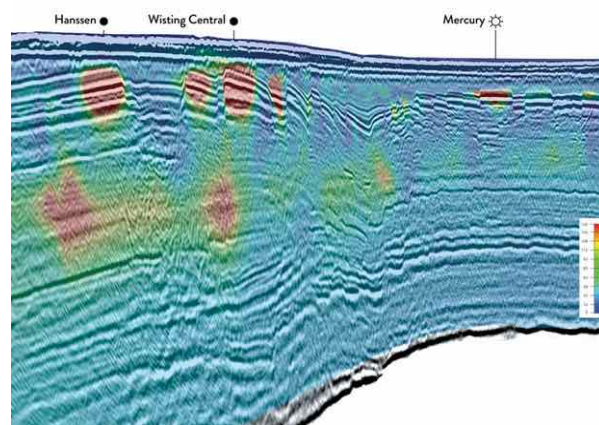


Рис.1. Разрез земной поверхности выполненный в рамках электронного гео-сервиса

К услугам гео-сервиса относят возможность обеспечения безопасности частных домов, квартир и гаражей [5]. К услугам гео-сервиса относят поведение изысканий для выбора места строительства и само строительство частных и инженерных сооружений [6] рис.2, рис.3



Рис.2. Гео-сервис обследования территории [5]





Рис.3. Гео-сервис как результат строительства на обследованном участке рис.2 [5].

Гео-сервисом обозначают услуги по проведению археологических изысканий и раскопок. Такие услуги, например, предлагает компания Wessex Archeology [7]. Она объединяет специалистов по геофизике, геометрии и геоархеологии, которые позволяют нам предоставлять специализированные материалы в проекты и предоставлять широкий спектр услуг нашим клиентам. Уникальная коллекция опыта в команде гео-сервисов имеет общую тему применения методов Науки о Земле для широкого спектра археологических проектов над землей, под землей или под водой. С более чем 20 сотрудниками из разных академических слоев, а также с опытом работы в отрасли, охватывающим инженерные, морские исследования, метрические обследования и консалтинговые секторы, нашей команде можно доверять, чтобы проектировать прагматические решения.

Гео-сервисом называют услуги по размещению станций мобильной связи. Гео-сервисом называют широкий спектр услуг в туристической индустрии. Создают специальные интеллектуальные информационные системы для обслуживания туристов.

Многие транспортные услуги покупки билетов. Бронирование осуществляют через гео-сервис. К информационным услугам гео-сервиса относят дистанционное и сетевое информационное обслуживание. Наиболее яркой информационной услугой гео-сервиса является справочно-информационная система Google [8]. Этот вид сервиса называют Веб гео-сервисом [8].

### Влияние услуг гео-сервиса на экономику и потребителей

В рамках исследования гео-сервиса [1] как феномена его влияние было разделено на три широкие категории:

- прямые эффекты- Гео-сервисов, измеренный в соответствии с выручкой созданных фирмами, разрабатывающими и предоставляющими услуги Geo, и ценность, которую они добавляют;
- потребительские эффекты- выгоды, которые приносят потребителям, бизнесу и правительству от использования сервисов Geo, сверх ценности, которая может быть оплачена за любые услуги (т. е. выручка, относящаяся к категории прямых эффектов); а также
- более широкие экономические последствия - выгоды, которые повышаются благодаря улучшению услуг Geo эффективности в других отраслях экономики, путем создания новых продуктов и услуг и создавая экономию средств, которая не создавая экономию средств, которая не может быть сгенерирована другими секторами.

В рамках этого исследования все гео-сервисы определяются как интерактивные и цифровые карты и цифровые модели [9] и основанные на определении местоположения. К сфере гео-сервиса относят поставщиков спутниковых снимков, цифровые карты,



спутниковое позиционирование сигналов и навигационных устройств [10]. Эту область также называют геомаркетинг [11]. Цифровые карты определены как включающие онлайн-карты или локально специализированные цифровые карты (например, спутниковые навигационные системы, используемые в автомобилях) [12].

Прямые эффекты гео-сервиса относятся к экономическому присутствию или следствию этих компаний напрямую участвующих в создании геоинформационных услуг (например, компаний, входящих в цепочку создания стоимости, например, Google, Carifact и Garmin) и значение, которое они создают. Эти эффекты можно измерить различными способами: по доходам, которые генерируются; от рыночная капитализация; по валовой добавленной стоимости (GVA); или работами, связанными с производством этих Сервисов. В отчете [1] принят ряд подходов и оценивается, что сектор услуг Гео генерирует глобальный доход в размере от \$ 150 до \$ 270 млрд. Этот диапазон основан на двух разных формах расчета, которые совместно дают указание на вероятный порядок оценки, а чем точное значение. Для сравнения это больше, чем 25 миллиардов долларов дохода созданная в индустрии видеоигр, в целом эквивалентна доходам в размере 140 млрд. долл. США от мировой службы безопасности, 5 или около одной трети мировой авиационной отрасли выручка в размере 594 млрд долларов [1].

### **Как потребители пользуются преимуществами гео-сервиса?**

Услуги гео-сервиса имеют широкий спектр, что отражено в диапазоне их использования. Все виды использования гео-сервиса приносят выгоду потребителям по-разному и эти выгоды,

в свою очередь, частично отражены в доходах, проиллюстрированных в рамках прямых эффектов. Опыт показывает, что потребители готовы платить за использование услуг гео-сервиса. Кроме того, потребители получают выгоды от услуг, которые не фиксируются за счет доходов. Это вытекает из того, что многие сервисы бесплатны в точке использования (например, карты Google) [8].

В сфере гео-сервиса выделяют особый вид услуг, который называют геоинформационные услуги. Эти услуги оказываются через электронные карты, внедренные в компьютер, смартфон или навигатор. Геоинформационные услуги обычно являются промежуточными, то есть они обычно не являются ценными сами, но помогают потребителям заниматься другими видами деятельности и приносить косвенный эффект. Например, экономия времени на покупку билетов или выбор места путешествия. Таким образом, потребитель извлекает выгоду из геоинформационных услуг путем упрощения получения ценности от видов деятельности, например, посещение пункта назначения.

Геоинформационные услуги помогают экономить время пути и экономить топлива за счет использования эффективных навигационных устройств. Навигационные устройства сокращают время поездки и расход топлива. Они оптимизируют маршруты, уменьшают риск опоздания и помогают избегать заторов. Это воздействие может стоить около 22 миллиардов долларов в год для потребителей [1].

Географические информационные системы могут быть считается полезным инструментом информационной технологии для продвижения мышления более высокого порядка, навыков принятия решений и решения проблем [13]. Гео сервисы могут также предоставлять

физическим лицам с лучшим доступом к информации о местонахождении стран, городов и мест интерес, приводящий к более информированному населению. Это образовательное воздействие стоит около 12 миллиардов долларов в год [1].

Цепочка создания стоимости услуг Geo охватывает широкий спектр фирм с различными бизнес-моделями. В широком смысле может быть проведено различие между поставщиками инфраструктуры, приложениями (приложений) / поставщиков услуг, а также распространение продуктов. Действительно, хотя спутниковые гео-космические службы были первоначально разработаны для военных служб, промышленность была быстро распространяется на потребителей и предприятия, и разработчики программного обеспечения, предлагающие услуги на основе местоположения (LBS) для потребителей. С ростом количество продуктов LBS, ориентированных на потребителей, сегмент распределения становится все более разнообразны и включают в себя множество торговых точек, как физических, так и онлайн.

Существуют четыре основные системы спутниковой навигации, на которых работают спутники, две из которых определяются как глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС); а именно: Глобальное позиционирование Система (GPS) и российская система Глонасс. Другая новая (но не глобальная) навигация системами являются возглавляемые ЕС Galileo и Compass

Геоинформационная система (ГИС) [14] является зонтичной концепцией аппаратного обеспечения, программного обеспечения и данные для управления и анализа пространственно привязанной информации. Проще говоря, ГИС использует входы, производимые поставщиками сигналов, для интерпретации и визуализации

географических данных в многие способы выявления отношений и закономерностей. В этой части цепочки создания стоимости действует ряд организаций. - геодезисты (и производители геодезического оборудования) и поставщики печатных копий карты и аэрофотоснимки. Эти организации создают данные базовой карты, которые затем используемые разработчиками программного обеспечения и составителями адресов, среди прочих.

### Кадастровые работы как гео-сервис

Кадастр употребляют в разных значениях. Как реестр, как информационная система, как государственная система и реже как технология кадастра. Кадастр как реестр - это реестр, содержащий перечень о любых объектах налогообложения, к числу которых принадлежит также земля. В мировой практике применяют три основных вида налогов: кадастровый, на основе декларации, "у источника" [15]. В первом случае объект налогообложения классифицирован по определенному признаку и разбит на группы. Перечень этих групп и их признаки заносится в специальные справочники.

Для каждой группы установлена индивидуальная ставка налога. При кадастровом налоге случае величина налога *не зависит* от доходности объекта. Во втором случае налогоплательщик заполняет декларацию, в которой он приводит расчет дохода и налога с него. В этом случае выплата налога производится *после получения* дохода и лицом получающим доход. В третьем случае налог вносится лицом, выплачивающим доход (бухгалтерия). В этом методе оплата налога производится *до получения* дохода. Таким образом, кадастр и земельный кадастр одной из своих основных функций имеет сбор

налога с земельных объектов. Понятие кадастра включает систему метрических и юридических данных. Эти данные необходимы для налогообложения земельных участков, собственности, а также при регистрации юридических прав [16, 17].

В мировой практике кадастровые системы являются открытыми, что важно для контроля. Выделяют три основных типа кадастров: правовой (запись прав на недвижимость); фискальный (запись стоимости недвижимости и информации, необходимой для налогообложения и купли-продажи); многоцелевой (объединение правовой и фискальной систем с другой информацией, такой как планирование и землепользование). Выделяют этапы создания кадастра недвижимости: картографирование и инвентаризация объектов недвижимости; классификация объектов недвижимости; оценка объектов недвижимости; определение собственников и налогоплательщиков; создание нормативной базы. Правовой и фискальный кадастр в России создаются одновременно. При этом часть средств от земельных платежей используется для развития кадастра.

Кадастр является многоцелевой технологией, поэтому различают разные виды кадастра. Создание многоцелевого кадастра строится на основе информационных систем. Особенности развития кадастра России являются:

- потребность в развитии земельно-имущественного кадастра;
- необходимость субсидиарного управления;
- потребность в новом программно-техническом обеспечении;
- гармонизация стандартов в области землепользования.

Кадастр как государственная система это система учета,

налогообложения и управления объектами кадастра [18]. В силу этого кадастр содержит систему метрической, учетной и юридической информации. Эти виды информации необходимы для учета, налогообложения, а также для регистрации юридических прав [19].

Современный кадастр представляет собой информационную систему, которая управляется одним или несколькими государственными ведомствами. Единый кадастр позволяет избежать дублирования и содействует эффективному обмену информацией и землепользованием. Земельный кадастр является базисным для многих видов кадастра, поэтому он рассматривается как основа для других видов кадастра. Земельный кадастр направлен на решение задач исследования и правильного использования земельных ресурсов. Он имеет следующие основные функции:

- обеспечение рационального использования земельных ресурсов страны;
- улучшение сельскохозяйственного производства;
- охрана земель от эрозии, заболачивания, засоления и других вредных процессов, снижающих плодородие почв;
- решение задач об изъятии земель для не сельскохозяйственных нужд.

Существуют различные виды кадастра: земельный, водный, охотничий, городской и др. Наиболее развитым является городской кадастр, который включает кадастр недвижимости. Часто городской кадастр рассматривают как наиболее развитый и сложный кадастр.

Кадастр как технология может быть информационной (упрощенно) и геоинформационной (многоаспектно) технологией. Современные технологии ведения кадастра полностью соответствуют геоинформационным

технологиям, вследствие этого целесообразна организация кадастровых технологий на основе методов и теории геоинформатики. Это оправдано еще тем, что геоинформатика интегрирует науки о Земле и тем самым интегрирует различные технологии от дистанционного зондирования до картографии для ведения кадастра и решения кадастровых задач.

В земельном кадастре земля является пространственным базисом для путевого хозяйства железнодорожного транспорта, природопользования, размещения строительства, других механизмов её освоения. Она взаимосвязана с другими объектами природно-техногенного комплекса, поэтому земельный кадастр является базисным для других видов кадастра. Можно констатировать, что земельный кадастр является базисным, а городской самым сложным видом кадастра. Как гео-сервис кадастр является базисным сервисом для всех видов землепользования и сбора налогов с объектов недвижимости.

### Транспортный гео-сервис

Транспортные системы играют важную роль в экономике, экологии и потреблении энергии. Основные транспортные системы: автомобильная, авиационная, морская и железнодорожная тесно взаимосвязаны друг с другом. Они создают единую национальную транспортную сеть со структурными компонентами. В последние годы транспортные сети дополняются беспроводными сетями связи и спутниковыми системами [20]. Реальная ситуация, в которой находятся подвижные объекты и транспортная инфраструктура исключают применение простых автоматизированных систем и требуют перехода к интеллектуальному транспортному управлению [21]. Интеллектуальные транспортные

системы служат основой транспортного геосервиса. Развитие распределенных систем привело к появлению технологии интернет вещей [22]. Это требует применения методов управления на основе кибер-физических систем [23] и транспортных кибер-физических системы [24]. В транспортной кибер-физической системе (TCPS) дискретные вычислительные компоненты позволяют контролировать и управлять физическими устройствами в режиме реального времени. Рассмотрим примеры транспортного геосервиса.

*Распределенные приложения VCPS (Distributed VCPS Applications).* Эти приложения основаны на широком применении сети VANET. Эта сеть играет важную роль в разработке приложений для задач транспорта. Она информирует водителей и пассажиров о сложных ситуациях, таких как туманная ситуация, ледяная дорога, сильный дождь, опасное состояние дороги и т. д. Для улучшения безопасности приложения VCPS помогают водителям обеспечить безопасное движение на поворотах (рис.4). Они помогают избежать опасных препятствий на дорогах вне зоны видимости, улучшают фиксацию сигналов движения, перенаправляют трафик в часы пик и многое другое.

Эти технологии используют разнообразные наборы геоданных [25], получаемых от разных датчиков и технологий. Эти технологии используют мобильные устройства, оснащенные беспроводной технологией, чтобы лучше локализовать местоположение транспорта. Они применяют спутниковое позиционирование с помощью дорожных навигаторов, технологии ГЛОНАСС/GPS.

*Авиационные киберфизические системы (Aviation Cyber-Physical Systems)* представляют собой разновидность TCPS для специализированных задач управления воздушными перевозками с



использованием спутниковых технологий.

Эти системы позволяют информировать пилотов о точном расположении других самолетов вокруг движущегося объекта. В целом такая технология позволяет большему количеству самолетов летать безопасно. Особенность этой системы состоит в 3D анализе и расчете 3D траекторий движения. Для сравнения автомобильные, железнодорожные и морские транспортные подвижные объекты фактически перемещаются с использованием плановых координат, которые служат основой расчета движения [27] этих видов транспорта.



Рис.4. Приложения VCPS. [25].

Интеллектуальная система дорожной безопасности COOPERS [28] (CO-OPERative System for intelligent road safety) (рис.5) направлена на создание интегрированной системы управления движением, применяющей инновации в области интеллектуального анализа дорожной ситуации и инфраструктуры [29]. Эта система применяет сочетание методов телематики, и интеллектуального анализа информации. В проекте COOPERS используются совместные системы, поддерживаемые беспроводными соединениями (V2V и V2I) для сбора полезной информации от транспортных средств (например, скорость, местоположение, время в пути, погодные условия, состояние подвижного объекта).

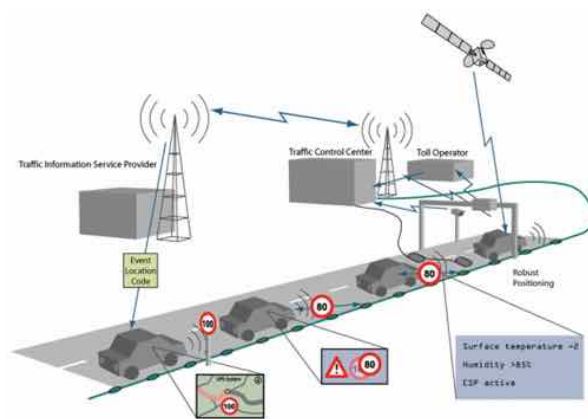


Рис.5. Интеллектуальная система дорожной безопасности [29]

Особенностью всех транспортных систем гео-сервиса является необходимость создания большой базы геоданных, совместно используемой операторами трафика и поставщиками услуг транспортных систем. Особенностью многих транспортных систем гео-сервиса является необходимость создания ситуационных комнат для анализа и управления движением.

Дополненная реальность может быть рассмотрена как специфический вид профессионального гео-сервиса. Дополненная реальность, называемая также расширенная реальность (augmented reality - AR) формируется на основе введения в поле восприятия человека, управляющего транспортным средством, дополнительных визуальных данных, расширяющих информацию о внешней ситуации, в которой находится транспортное средство. Эту технологию называют другим термином смешанная реальность (mixed reality - MR), поскольку она смешивает визуальную реальность с компьютерной детальной реальностью.

Как технология AR может рассматриваться синтез явной визуальной информации с дополнительной, получаемой с помощью датчиков, которая в принципе человеком не может быть получена (рис.3). например вид ситуации сверху

или вид того что находится за поворотом дополняют человеческое Это достигается применением пространственной модели, которую называют «опосредованная реальность» Эта модель создается с помощью когнитивного фильтра компьютером В результате технология функционирует, улучшая текущее восприятие реальности [30] Основной функцией AR является исследование реальности с помощью дополнительных средств видения и компьютерных изображений дополнительная реальность часто используется на летных тренажерах. Однако ее используют и реальной практике управления воздушным судном. [31] Трехмерные цифровые модели и трехмерные карты относятся и к виртуальной и дополненной реальности. В виртуальных технологиях эти модели являются вспомогательным средством создания иллюзии реальности. В дополненной реальности эти модели служат основой изучения реальности.

### Образовательный гео-сервис

Геоинформационные или гео услуги предоставляют пользователям образовательные ценности за пределами их обычного проживания. Дистанционное обучение является видом гео-сервиса. Гео-сервис в образовании связан с пространственным моделированием и обучением профессиям в науках о Земле. Практически все тренажеры обучения вождению транспортных средств используют подобный гео-сервис. Его часто обозначают как виртуальное моделирование в образовании. Однако при детальном рассмотрении он предстает как дополненная реальность. Гео-сервис в образовании сокращает сроки выполнения практических полевых работ. Он сокращает сроки обучения по использованию приборов. В ситуационной сфере гео-сервис

позволяет сокращать сроки анализа пространственных ситуаций и повышать качество профессиональной переподготовки. Особенно специалистов в области транспорта [32].

### Заключение

Современно понятие гео-сервис включает много технологий, которые ранее были разобщены. Основой интеграции технологий в единый сервис и их интеграция стали возможным благодаря развитию геоинформатики и основу ее инструменту геоданным. Геоданные являются специфической структурированной основой и являются информационным ресурсом. Геоданные интегрирую практически все виды информации, что дает возможность использовать гео-сервис в любых отраслях и направлениях. В то же время это направление развивается в прикладном плане и пока в нем ведется мало научных исследований. Здесь имеет место полная аналогия с геоинформатикой. Геоинформатика возникла как чисто технологическая наука, но с течением времени обросла теорией и системностью. Гео-сервис также ждет своей теории и систематизации.

### Литература

1. [https://www.oxera.com/Oxera/media/Oxera/downloads/reports/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services\\_1.pdf](https://www.oxera.com/Oxera/media/Oxera/downloads/reports/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services_1.pdf) дата доступа 12.11.2017
2. <http://www.slb.com/> дата доступа 12.11.2017
3. <http://www.emgs.com/> дата доступа 12.11.2017
4. <http://geoservices.github.io/> дата доступа 12.11.2017
5. <https://www.alarm.com/dealerbranding/v2/demo/geoservices.html> дата доступа 12.11.2017
6. <http://www.americangeoservices.com/index.html> дата доступа 12.11.2017

7. <http://www.wessexarch.co.uk/professional/services/geoservices>. дата доступа 12.11.2017
8. <https://www.webgeoservices.com/> дата доступа 12.11.2017
9. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №2. - с.147-155.
10. Артюхин В.С., Логункова А.А. Глобальные спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС и GPS // Славянский форум. - 2017. - 3(17). - с.278-284
11. Цветков В.Я. Геомаркетинг: Прикладные задачи и методы. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 240с.
12. <http://www.esri.com/>. дата доступа 12.11.2017
13. Маркелов В.М. ГИС как системы управления транспортом . // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. - №2. - с.85-87
14. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии - М.: Финансы и статистика, 1998. -288с
15. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Геоинформатика. - М.: МаксПресс, 2001. - 347с
16. Артеменко В.В., Лойко П.Ф., Огарков А.П., Севостьянов А.В. Кадастр земель населенных пунктов - М.: Колос, 1997.
17. Гладкий В.А. Кадастровые работы в городах. Новосибирск, Наука, 1998. - 281с.
18. Автоматизированная информационная система государственного земельного кадастра <http://www.geocad.ru/mac/geocad/Products/Aisgzk.htm> дата доступа 12.11.2017
19. Баденко В.Л., Гарманов В. В., Осипов Г.К. Государственный земельный кадастр. - СПб.; Питер, 2003.- 320 с.
20. Вишневецкий В. М. и др. Широкополосные беспроводные сети передачи информации - М.: Техносфера, 2005.
21. Александров А.В. Интеллектуальное управление // Славянский форум, 2016. -1(11). - с.15-22.
22. Дешко И.П., Кряженков К.Г., Цветков В.Я. Устройства, модели и архитектуры Интернета вещей: Учебное пособие. - М.: МАКС Пресс, 2017. - 88 с.
23. Lee, E.A., Seshia, S.A.: Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach. LeeSeshia.org, 2011
24. Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Транспортные киберфизические системы // Наука и технологии железных дорог. - 2017. - 3(3). - с.3-15.
25. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. - 2009. - №4. - с.50-51.
26. <https://connectedvehicle.devpost.com/submissions/2892-connected-vehicle-intelligent-driver> Data view 20.06.2017.
27. Дышленко С.Г. Пространственные задачи определения координат объектов железнодорожного транспорта // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). - с.31-38.
28. <http://www.coopers-ip.eu/> Data view 20.06.2017.
29. EU-Kommission legt Frequenzen für Fahrzeug kommunikation fest,“. Available: <http://www.golem.de/0808/61546.html>. Accessed 15 May 2017.
30. Lee, Kangdon (March 2012). "Augmented Reality in Education and Training" .Techtrends: Linking Research & Practice To Improve Learning. 56 (2).
31. Бондаренко М. А. Разработка методов и алгоритмов совмещения 2D и 3D информации для авиационных систем улучшенного и

синтезированного видения. Дис., к.т.н., Специальность 05.13.11 – М. МТУ (МИРЭА), 2016.- 113с.

32. Розенберг И.Н. Построение автоматизированной системы дистанционного обучения для специалистов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2013. - №2. –с.4-8

### References

1. [https://www.oxera.com/Oxera/media/Oxera/downloads/reports/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services\\_1.pdf](https://www.oxera.com/Oxera/media/Oxera/downloads/reports/What-is-the-economic-impact-of-Geo-services_1.pdf) access date 12.11.2017
2. <http://www.slb.com/> the access date is 12.11.2017
3. <http://www.emgs.com/> the access date is 12.11.2017
4. <http://geoservices.github.io/> access date 12.11.2017
5. <https://www.alarm.com/dealerbranding/v2/demo/geoservices.html> access date 12.11.2017
6. <http://www.americangeoservices.com/index.html> access date 12.11.2017
7. <http://www.wessexarch.co.uk/professional/services/geoservices>. access date 12.11.2017
8. <https://www.webgeoservices.com/> access date 12.11.2017
9. V.Y. Tsvetkov. Digital maps and digital models // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Geodesy and aerial photography. - 2000. - №2. - p.147-155.
10. Artyukhin VS, Logunkova AA Global satellite navigation systems GLONASS and GPS // Slavic Forum. - 2017. -3 (17). - p.278-284
11. V.Y. Tsvetkov. Geomarketing: Applied problems and methods. - Moscow: Finance and Statistics, 2002. - 240s.
12. <http://www.esri.com/>. access date 12.11.2017
13. Markelov V.M. GIS as a transport management system. // News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. 2013. - №2. - p.85-87
14. Tsvetkov V.Ya. Geoinformation Systems and Technologies - Moscow: Finance and Statistics, 1998. -288с
15. Ivannikov AD, Kulagin VP, Tikhonov AN, Tsvetkov V.Ya. Geoinformatics. - М.: MaxPress, 2001. - 347с
16. Artemenko VV, Loiko P.F., Ogarkov A.P., Sevostyanov A.V. Cadastral land of settlements - Moscow: Kolos, 1997.
17. Gladky VA Cadastral work in cities. Novosibirsk, Science, 1998. - 281s.
18. Automated information system of the state land cadastre <http://www.geocad.ru/mac/geocad/Products/Aisgzk.htm> access date 12.11.2017
19. Badenko VL, Garmanov VV, Osipov G.K. State Land Cadastre. - St. Petersburg: Peter, 2003. - 320 with.
20. Vishnevsky VM et al. Broadband wireless data transmission networks - М.: Tehnosfera, 2005.
21. Alexandrov A.V. Intellectual management // Slavic Forum, 2016. -1 (11). - p.15-22.
22. Deshko IP, Kryazhenkov KG, Tsvetkov V.Ya. Devices, models and architectures of the Internet of things: Textbook. - Moscow: MAX Press, 2017. - 88 p.
23. Lee, E.A., Seshia, S.A. : Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach. LeeSeshia.org, 2011
24. Levin BA, Rozenberg IN, Tsvetkov V.Ya. Transport cyber-physical systems // Science and technology of railways. - 2017. - 3 (3). - p.3-15.
25. V.Y. Tsvetkov. Model of geodata for transport management // Progress of modern natural science. -2009. - № 4. - p.50-51.
26. <https://connectedvehicle.devpost.com/submissions/2892-connected-vehicle-intelligent-driver> Data view 06/20/2012.
27. Dyshlenko S.G. Spatial problems of determining the coordinates of railway transport objects // Science and technology of railways. - 2017. -2 (2). - p.31-38.
28. <http://www.coopers-ip.eu/> Data view 06/20/2012.
29. EU-Kommission legt Frequenzen für Fahrzeugkommunikation fest, ". Available: <http://www.golem.de/0808/61546.html>. Accessed 15 May 2017.
30. Lee, Kangdon (March 2012). "Augmented Reality in Education and Training". Techtrends: Linking Research & Practice To Improve Learning. 56 (2).
31. Bondarenko MA Development of methods and algorithms for combining 2D and 3D information for aviation systems of improved and synthesized vision. Dis., Candidate of Technical Sciences, Specialty 05.13.11 - М. МТУ (MIREA), 2016.- 113с.
32. Rosenberg I.N. Construction of an automated distance learning system for specialists // Remote and virtual training. - 2013. - №2. -с.4-8





---

**DEVELOPMENT OF GEO-SERVICES**

---

**Tsvetkov V.Ya.**

---

Doctor of Technical Science, Professor, Moscow Technological University (MIREA)

---

**Address:** 78, Prospect Vernadskogo, Moscow, 119454, Russia

**E-mail:** [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru)

---

**Abstract:** *The article reveals the content of the geo service as a new service. GEO service is based on geoinformatics and application of geodata. The article analyzes foreign and domestic experience. The article discloses the content of geo-service as a specific service for the consumer or as a geo-information service. Geo service services include household services to ensure the security of private homes, apartments and garages. Geo-service services include exploration work for the choice of the construction site and the construction of private and public engineering structures. Satiya notes that geo-services are services for conducting archaeological surveys and excavations. The article shows that the geo-service is based on a variety of geodata and spatial information. The article describes the impact of geo-service services on the economy and consumers. Paper identifies three types of this influence: direct services, consumer effects and economic consequences. The article describes geo services in the field of mining. The article describes the electromagnetic geo-service, which is associated with geodynamics and the study of the Earth's surface. The article describes the features of geoinformation services. The article describes the features of using geoinformation systems as an interface in the field of geoinformation services. The article examines cadastral works as a kind of geo-service. The article performs research on transport geo-services. The article shows that the basis of this service is intellectual transport systems and transport cyber-physical systems. The article describes augmented reality as a kind of geo-service. The article describes the importance of satellite navigation systems in various geo-service technologies, as systems that provide direct and indirect support for geo-service technologies. The article describes geo service in the field of education.*

**Keywords:** *geoinformation, service, geo-service, spatial information. service, geoinformation services, geoinformatics.*

---

© Tsvetkov V.Ya., 2017

## КАДАСТР КАК СЛОЖНАЯ СИСТЕМА

Сельманова Н.Н.

Старший преподаватель, Московский государственный университет геодезии и картографии

Адрес: 105064, Москва, Гороховский переулок, 4

E-mail: [cvdiss@list.ru](mailto:cvdiss@list.ru)

**Abstract:** Статья исследует кадастр с системных позиций. Кадастр включает организационные работы, геодезические работы, вычислительные работы, учетные работы и аналитические работы. Интеграция качественно различных технологий в единый комплекс дает основание рассматривать кадастр как сложную систему. Рассмотрены различные виды сложных систем: инфраструктура пространственных данных, Государственный адресный реестр. Федеральная информационная адресная система. Анализ различных технологических, организационных и вычислительных систем дает основание определить кадастр как одну из сложных систем. Кадастр рассмотрен как одна из разновидностей сложных систем - сложная организационно-техническая система. Описаны сложные системы, применяющие пространственную информацию. Кадастр раскрывается как многоаспектная система. Государственный кадастр недвижимости рассмотрен как объект исследования. Показана его связь с государственным кадастровым учетом. Описана эволюция и развитие Единого государственного реестра недвижимости. Описаны основные функции Единого государственного реестра недвижимости. Описаны основные задачи государственного кадастра. Описаны основные наиболее важные документы государственного кадастра недвижимости. Раскрывается содержание структуры Единого государственного реестра недвижимости. Статья дает классификацию объектов государственного кадастрового учета. Описаны статусы сведений об объектах недвижимости. Описана технология организации и ведения государственного кадастра недвижимости. Приводится структура единого государственного реестра недвижимости как сложной системы. Описаны основные технологические процедуры кадастрового учета. Дана классификация объектов государственного кадастрового учета. Описаны статусы сведений об объектах недвижимости. Статья доказывает, что использование модели сложной организационно-технической системы повышает качество кадастровой информации и уменьшает ошибки при ведении кадастра.

**Keywords:** сложная организационно-техническая система, кадастр, пространственная информация, государственный кадастр недвижимости, технологическая система.

## Введение

Сложные организационно-технические системы [1, 2] (СОТС) в практике управления возникли как объективная необходимость при решении сложных организационных, технологических, технических и вычислительных задач. Их введение обусловлено реальными условиями управления и организации, а не произвольным желанием человека. Они строятся на основе интеграции и создают синергетический эффект в управлении и производстве. Сложные организационно-технические системы в сфере землепользования возникают как реакция на появление сложных проблем и сложных задач. Но пока они не находят широкого применения из-за нежелания специалистов работать с такой сложной системой. Примером сложной

организационно-технической системы является инфраструктура пространственных данных (ИПД), применение которой успешно себя зарекомендовало во многих странах. Другим примером такой системы является государственный адресный реестр (ГАР) или Федеральная информационная адресная система (ФИАС). Их создание обусловлено жесткой необходимостью. Решать задачи налогообложения в масштабах страны без таких систем нельзя. СОТС решает проблемы сложности информации за счет организации сложной комплексной системы. Причины сложности информации связаны с большими объемами информации и трудностью анализа информации с помощью человеческого интеллекта. Большие данные характерны для баз данных

пространственной информации и кадастровых баз данных. Еще одним фактором сложности является появление информационной асимметрии [3, 4] между актуальным состоянием земельных ресурсов и их описанием в фонде или реестре. Если исходная информация представляет собой разную по категориальным признакам, большую по объему и слабо структурированную информацию, то для ее использования необходимо применять сложные организационно-технические системы, которые часто строятся на пространственных банках и базах данных [5]. Государственный кадастр недвижимости является таким комплексом, требующим применения технологий и методов сложной организационно-технической системы.

### **Многоаспектность кадастра**

Основой сложной организационно-технической системы или СОТС являются организационные системы. Под организационной системой (ОС) понимают объединение людей, которые совместно реализуют некоторую программу или цель, и действующих на основе определенных процедур и правил [6]. Наличие процедур и правил, которые регламентируют совместную деятельность участников организации, является ключевым свойством и отличает организацию от коллектива или группы. Организационная система обладает определенной внутренней упорядоченностью, согласованностью взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленных его строением [7]. Данные свойства ОС приобретает благодаря совокупности процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого [8]. Все отмеченное имеет прямое отношение к кадастру недвижимости.

Государственный кадастр

недвижимости (ГКН) является многоаспектным понятием, которое нельзя сводить к одному определению и одному аспекту рассмотрения. С информационных позиций ГКН (согласно ФЗ-221 [8]) является систематизированным сводом сведений (информации) об учтенном недвижимом имуществе, а также сведений о прохождении границ территориальных образований различного уровня и зон с особым режимом использования территорий [8]. С этих позиций кадастр можно рассматривать как информационную систему данных.

С ресурсных позиций ГКН является государственным информационным ресурсом, его ведение осуществляется государственной структурой. С системных позиций ГКН является сложной системой, обладающей системными признаками [9, 10] полноты, целостности, связанности и структурности. Именно эта позиция дает основание рассматривать кадастр как сложную организационно-техническую систему.

С прикладных позиций ГКН является инструментом решения прикладных задач. С управленческих позиций ГКН является инструментом муниципального и государственного управления. Он выполняет функции учета и контроля и служит основой базы налогообложения. С позиций развития территорий и регионов ГКН является основой устойчивого развития территорий. Эта многоаспектность требует введения комплексной модели включающей многообразие свойств и возможностей государственного кадастра недвижимости. Такой комплексной моделью и системой является сложная организационно-техническая система.

Государственный земельный кадастр тесно связан с системой государственного кадастрового учета земельных участков (ГКУ). В соответствии с ФЗ-28 ГКУ решает задачи

получение достоверной информации о территориях и земельных участках. Системное и технологическое единство ведения государственного земельного кадастра и процедур ГКУ создают информационное соответствие технологий на всех территориальных уровнях и процессуальную определенность в сфере землепользования. Развивается количественный и качественный учет земельных участков, который обеспечивает фискальную функцию государственного земельного кадастра (ГЗК) [11].

Земельно-кадастровая служба РФ осуществляет ведение трех реестров земель, которые содержат сведения о субъектах и объектах прав на объекты недвижимого имущества. Это: Единый государственный реестр прав (ЕГРП), Единый государственный реестр земель (ЕГРЗ), Единый государственный реестр налогоплательщиков (ЕГРН) [12]

Согласно проекту постановления Правительства России, [13], с 1 января 2017 г. ЕГРП и ГКН объединились в Единый государственный реестр объектов недвижимости (ЕГРОН). Результатом этих преобразований является создание единого информационного кадастрового пространства, объединяющего кадастровую информацию обо всех видах недвижимого имущества и границах территориальных образований. Следует отметить, что эти постановления обходят стороной проект национальной инфраструктуры пространственных данных (ИПД) [14], которая за рубежом решает вопросы кадастра в том числе. Провал проекта ИПД привел к тому, что кадастровые ведомства вынуждены самостоятельно наводить порядок в сфере землепользования.

Целью ЕГРОН является: гарантия и защита конституционных прав собственников и обладателей иных прав на объекты недвижимости;

формирование цивилизованного рынка недвижимости и вовлечение недвижимости в рыночный оборот.

Эта система должна обеспечивать актуальной и достоверной кадастровой информацией различные технологии процедуры, такие как:

- архитектурное городское проектирование;
- рассмотрение юридических споров;
- территориальное планирование и градостроительное зонирование;
- управление государственным и муниципальным имуществом;
- ведение реестров государственного и муниципального имущества;
- массовую кадастровую оценку недвижимого имущества;
- расчет научно-обоснованной базы для налогообложения [11];
- проведение государственного надзора и муниципального контроля за охраной и использованием земель.

Таким образом, современный кадастр можно рассматривать как интегрированный комплекс или сложную организационно-техническую систему, призванную обеспечить всех участников правоотношений с недвижимым имуществом достоверной информацией о земельных участках и иных объектах недвижимости, их правообладателях и правовом режиме в целях защиты государственных и частных интересов.

1. Порядок ведения ГКН, определенный соответствующими нормативно-правовыми документами, устанавливает структуру, состав кадастровых сведений и правила их внесения в Реестр объектов недвижимости, а также структуру, состав и правила ведения кадастровых дел. ФЗ-221 определяет, что кадастр является единственным свидетельством законного существования объекта недвижимости. В том числе кадастр



охватывает всю территорию РФ и содержит требования о регулярных и точных исполнениях функций кадастрового учета.

Формирование ГКН имеет важное значение для установления надежных границ, обеспечения гарантии прав собственности, а также для того, чтобы создание объекта недвижимости было целесообразным также и в целях регионального планирования, защиты окружающей среды и обеспечения экономического развития территорий. Помимо этого, ГКУ необходим для сбора и фиксирования данных о стоимости объектов недвижимости в качестве основы их налогообложения [12].

ГКН состоит из следующих разделов: реестр объектов недвижимости; кадастровые дела; кадастровые карты. *Реестр объектов недвижимости* как документ представляет собой документ, содержащий кадастровую информацию об объектах недвижимости (учтенном недвижимом имуществе, объектах кадастра): земельные участки, здания, сооружения, помещения, объекты незавершенного строительства.

*Кадастровые дела* - совокупность документов (информационная коллекция), на основании которых кадастровая информация об объекте недвижимости внесена в реестр объектов недвижимости.

*Кадастровые карты* - картографическое изображение (пространственные визуальные модели) соответствующего территориального образования, на котором приведена следующая кадастровая информация:

- кадастровое деление соответствующей территории;
- объекты недвижимости, сведения о которых внесены в ГКН, в результате кадастрового учета;
- объекты землеустройства;
- другая информация, определенная законом о ведении ГКН [8].

Из перечисленного следует, что с информационных позиций ГКН включает набор категориально и качественно разных пространственных информационных моделей. Это требует применения информационной системы или иной системы включающей такие модели. Такой системой может быть СОТС.

Применение кадастровой карты обуславливает эффективность использования кадастровой информации в целях устойчивого развития соответствующего территориального образования. Единый государственный реестр недвижимости, который в соответствии с законом о государственной регистрации недвижимости введен с 1 января 2017 г., представлен на рис 1.

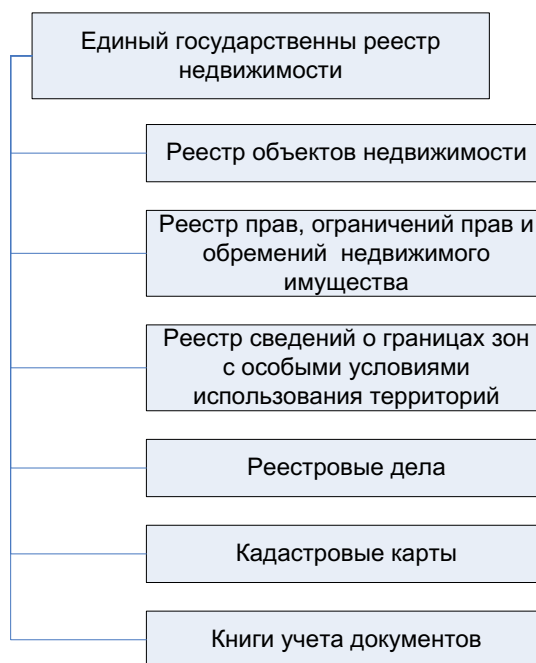


Рис.1 Структура Единого государственного реестра недвижимости

Разделение кадастровой информации и одновременная их интеграция в одно информационное поле является, на наш взгляд, приоритетным направлением развития государственного кадастра

недвижимости. Результатом такого развития может быть сложная организационно-техническая система.

**Технология организации и ведения ГКН**

Технология ведения ГКН [15] - содержание и последовательность действий должностными лицами органа кадастрового учета (ОКУ), обеспечивающих ведение кадастрового

учета, определенное законодательными актами. Следовательно, технология ведения ГКН - это определенная последовательность действий в процессе ГКУ объектов недвижимости в соответствии с выбранной схемой взаимодействия между подразделениями ОКУ [16]. ФЗ-221 определяет основные технологические процедуры кадастрового учета при ведении ГКН, показанные на рис. 2.

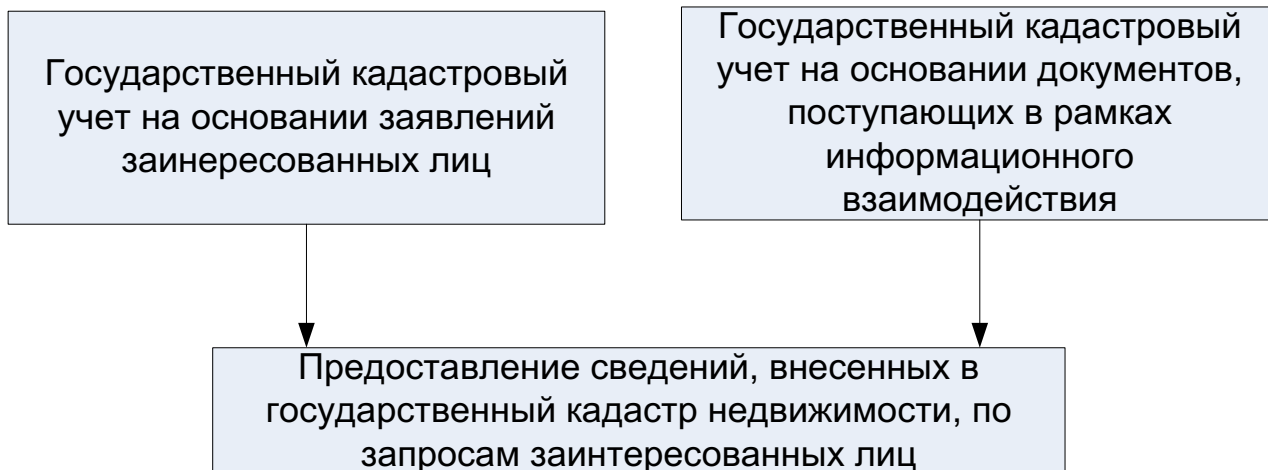


Рис. 2 - Основные технологические процедуры

Государственный кадастровый учет (статья 1, п. 2 ФЗ-221) - это технологическая процедура по внесению в ГКН информации об образованном, существующем и прекращающем свое существование недвижимом имуществе [8].

При ведении ГКН выполняют следующие кадастровые процедуры: внесение сведений о существующих объектах недвижимости; постановка на ГКУ объектов недвижимости; учет изменений объектов недвижимости; снятие с кадастрового учета объектов недвижимости; внесение кадастровых сведений в соответствии с документами, поступающими в орган кадастрового учета в порядке информационного взаимодействия из органов государственной власти и органов местного самоуправления. В том числе кадастровые процедуры включают и исправление технических и кадастровых

ошибок в кадастровых сведениях [15].

Классификация объектов недвижимого имущества как объектов государственного кадастрового учета недвижимого имущества показана на рис. 3.

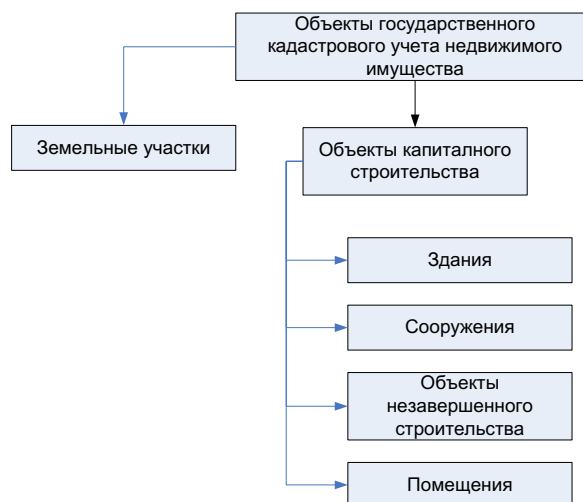


Рис. 3. Классификация объектов государственного кадастрового учета

Внесение в ГКН сведений об объектах недвижимости сопровождается присвоением статуса «внесенные», который после принятия уполномоченным должностным лицом органа кадастрового учета соответствующего решения изменяется на «временные», «учтенные», «ранее учтенные», «архивные» или «аннулированные» (рис. 4) [12].

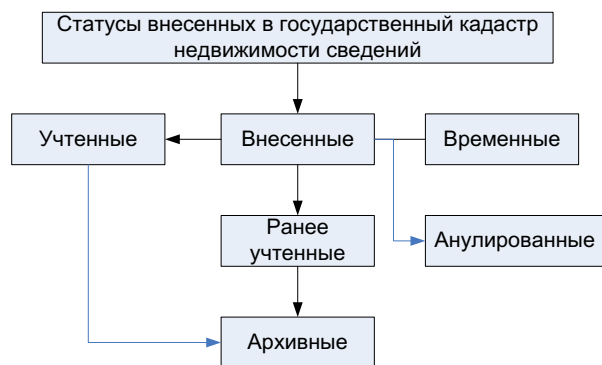


Рис. 4. - Статусы внесенных сведений об объектах недвижимости

С момента поступления заявления в порядке внутриведомственного информационного взаимодействия [17] о государственной регистрации права на образованный объект недвижимости статус кадастровых сведений о таком объекте изменяется с «временного» на «учтенный». Если же объектом недвижимости является земельный участок, находящийся в государственной или муниципальной собственности, то статус кадастровых сведений о таком объекте изменяется с «временного» на «учтенный» с момента поступления сведений о государственной регистрации аренды. При этом с момента поступления сведений о государственной регистрации права (государственной регистрации аренды) в отношении преобразуемых объектов недвижимости статус кадастровых сведений с «учтенный» либо «ранее учтенный» изменяется на «архивный» (за исключением тех случаев, при которых исходные объекты недвижимости в

результате преобразования сохраняются в измененных границах).

*Технология централизованного ведения кадастрового учета объектов недвижимости* - организация работ, при которой функции по ведению ГКН распределяются между уровнями по определенной схеме. Схема включает работу с заявителями (прием заявлений и выдачу документов), ведение кадастра (ввод и обработка информации), внесение сведений в Реестр, подготовка кадастровых документов. Кадастровый учет ведется с использованием автоматизированных технологий, которые обеспечивают соблюдение всех необходимых регламентирующих процедур, в рамках единой базы данных субъекта РФ. Архивы с кадастровыми делами централизованно хранят в субъектах РФ.

Общая организационная схема и порядок взаимодействия между различными видами структурных подразделений при централизованной схеме ведения государственного кадастра недвижимости имеет четкую последовательность. Офисная обработка кадастровой информации включает следующие операции:

- прием заявлений и прилагаемых к ним документов по субъекту Российской Федерации в целом;
- прием сканированных образов документов, прилагаемых к заявлениям;
- ввод или импорт данных в автоматизированную информационную систему государственного кадастра недвижимости по заявлениям и прилагаемым к ним документам (с оригиналов или сканированных копий), в объеме, необходимом для ведения кадастра;
- проверка сведений, вносимых в кадастр (в том числе и по результатам подготовки межевого и технического плана), принятие

решений о внесении сведений в кадастр, подготовка документов для выдачи заявителю;

- рассылка документов, подготовленных по результатам обработки заявлений, принятых по почте (в том числе полученных из удаленных рабочих мест);
- выдача документов заявителю в случае, если при обработке кадастровой информации такая выдача предусмотрена в основном офисе.

### Заключение

Пока на практике ГКН и ГКУ представляют собой технологические системы. Анализ ГКН и ГКУ показывает, что организационная компонента в них играет важную роль. Однако она не представлена на системном уровне и не интегрирована с технологической компонентой. Большое значение в технологиях кадастра имеет информационное взаимодействие, однако оно не представлено на уровне информационного моделирования и конструирования. В настоящее время нельзя рассматривать кадастр только как технологическую систему. При таком подходе исключаются организационные и другие факторы. Многообразие существующих не полностью согласованных инструментов анализа кадастровых данных свидетельствует о нерешенности вопроса единого подхода к выявлению и исправлению ошибочных данных. Многоаспектность государственного кадастра недвижимости требует введения комплексной модели для его описания, включающей многообразие свойств и возможностей государственного кадастра недвижимости. Такой комплексной моделью и системой является сложная организационно-техническая система. Радикальным решением улучшения качества

кадастровых работ и повышения надежности кадастровой информации является переход от разрозненных технологий к единой системе ведения кадастра на основе сложной организационно-технической системы. Данный подход решает многие проблемы и может существенно повысить качество кадастровой информации, в значительной степени сократить причины приостановлений или отказов в осуществлении ГКУ объектов недвижимости, а также повысить собираемость земельного налога.

### Литература

1. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьёв И.В., Цветков В.Я., Кудж С.А. Концепция сетецентрического управления сложной организационно-технической системой - М.: Макс ПРЕСС, 2010. - 136с.
2. Буравцев А.В. Функционирование сложной организационно-технической системы в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. - 2017. - 3(3). - с.48-58.
3. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European Researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp.1937-1943.
4. Кудж С.А. Риски информационной асимметрии // Перспективы науки и образования. - 2017. - №1(25). - с.14-19.
5. Цветков В.Я., Железняков В.А. Интеллектуальное обновление данных в банке данных земель сельскохозяйственного назначения // Науки о Земле. - 2-2012.- с.73-79.
6. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. - с. 584.
7. Ильичёв Л. Ф., Федосеев П. Н., Ковалёв С. М., Панов В. Г. Философский энциклопедический



- словарь. — М.: Сов. Энциклопедия, 1983. — с. 840.
8. О государственном кадастре недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.07.2007 N 221-ФЗ (ред. от 27.12.2009) (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.03.2010) (24 июля 2007 г.).- Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95309/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95309/)
  9. Цветков В.Я. Решение проблем с использованием системного анализа // Перспективы науки и образования- 2015. - №1. - с.50-55
  10. Кудж С. А. Системный подход // Славянский форум. - 2014. - 1(5). - с.252 -257.
  11. Буравцев А.В. Фискальная кадастровая подсистема // Науки о Земле.- 2017. - № 3. - с.74-85.
  12. Варламов, А. А. Государственный кадастр недвижимости [Текст] / А. А. Варламов, С. А. Гальченко ; под ред. А. А. Варламов. - М. : КолосС, 2012. - 679 с.
  13. Концепция Федеральной целевой программы «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014 - 2019 года)», утв. Распоряжением Правительства РФ от 28.06.2013 № 1101-р и Постановлением Правительства РФ от 10.10.2013 № 903 [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<https://rosreestr.ru/upload/Дос/17-урр>
  14. Савиных В.П., Соловьёв И.В., Цветков В.Я. Развитие национальной инфраструктуры пространственных данных на основе развития картографо-геодезического фонда Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка.- 2011.- №5. - с.85-91
  15. Гиниятов, И. А. О классификации документов государственного кадастра недвижимости [Текст] / И. А. Гиниятов // Вестник СГГА. - 2012. - № 17. - С. 8587.
  16. Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра недвижимости [Электронный ресурс] : приказ Минэкономразвития России от N 42 (ред. от 20.01.2016). - Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_180428/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180428/)
  17. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. Series A. 2013. № 4-1 (45). - p. 782-786

### References

1. Tihonov A.N., Ivannikov A.D., Solov'jov I.V., Cvetkov V.Ja., Kudzh S.A. Konceptija setecentricheskogo upravlenija slozhnoj organizacionno-tehnicheskoy sistemoy- М.: Maks PRESS, 2010.-136s.
2. Buravcev A.V. Funkcionirovanie slozhnoj organizacionno-tehnicheskoy sistemy v transportnoj sfere // Nauka i tehnologii zheleznyh dorog. - 2017. -3(3). – s.48-58.
3. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European Researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1937-1943.
4. Kudzh S.A. Riski informacionnoj asimmetrii // Perspektivy nauki i obrazovanija. - 2017. - №1(25). - s.14-19.
5. Cvetkov V.Ja., Zheleznyakov V.A. Intellektual'noe obnovenie dannyh v banke dannyh zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija // Nauki o Zemle. - 2-2012.- s.73-79.
6. Novikov D.A. Teorija upravlenija organizacionnymi sistemami. М.: MPSI, 2005. – s. 584.
7. Il'ichjov L. F., Fedoseev P. N., Kovaljov S. M., Panov V. G. Filozofskij jenciklopedicheskij slovar'. — М.: Sov. Jenciklopedija, 1983. — s. 840.
8. O gosudarstvennom kadastre nedvizhimosti [Jelektronnyj resurs] : feder. zakon ot 24.07.2007 N 221-FZ (red. ot 27.12.2009) (s izm. i dop., vstupajushhimi v silu s 01.03.2010) (24 ijulja 2007 g.).- Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95309/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95309/)
9. Cvetkov V.Ja. Reshenie problem s ispol'zovaniem sistemnogo analiza // Perspektivy nauki i obrazovanija- 2015. - №1. – s.50-55
10. Kudzh S. A. Sistemnyj podhod // Slavjanskij forum. - 2014. - 1(5). - s.252 -257.
11. Buravcev A.V. Fiskal'naja kadastrovaja podсистема // Nauki o Zemle. – 2017. - № 3. - s.74-85.

12. Varlamov, A. A. Gosudarstvennyj kadastr nedvizhimosti [Tekst] / A. A. Varlamov, S. A. Gal'chenko ; pod red. A. A. Varlamov. - M. : KolosS, 2012. - 679 s.
13. Konceptija Federal'noj celevoj programmy «Razvitie edinoj gosudarstvennoj sistemy registracii prav i kadaastrovogo ucheta nedvizhimosti (2014 - 2019 goda)», utv. Rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 28.06.2013 № 1101- r i Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 10.10.2013 № 903 [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa:<https://rosreestr.ru/upload/Doc/17-upr>
14. Savinyh V.P., Solov'jov I.V., Cvetkov V.Ja. Razvitie nacional'noj infrastruktury prostranstvennyh dannyh na osnove razvitija kartografo-geodezicheskogo fonda Rossijskoj Federacii // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geodezija i ajerofotos#emka.- 2011.- №5. - s.85-91
15. Ginijatov, I. A. O klassifikacii dokumentov gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti [Tekst] / I. A. Ginijatov // Vestnik SGGa. - 2012. - № 17. - S. 85-87.
16. Ob utverzhdenii Porjadka vedenija gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti [Jelektronnyj resurs] : prikaz Minjekonomrazvitija Rossii ot N 42 (red. ot 20.01.2016). - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_180428/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180428/)
17. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. Series A. 2013. № 4-1 (45). - p. 782-786



## CADASTRE AS A COMPLEX SYSTEM

*Selmanova N.N.*

Senior Lecturer, Moscow State University of Geodesy and Cartography

**Address:** 4, Gorokhovskiy lane, Moscow, 105064, Russia

**E-mail:** [cvdiss@list.ru](mailto:cvdiss@list.ru)

**Abstract:** . The article examines the cadastre from the system positions. The cadastre includes organizational work, geodetic work, computational work, accounting work and analytical work. Integration of qualitatively different technologies into a single complex gives grounds for considering the cadastre as a complex system. The article analyzes various types of complex systems: the spatial data infrastructure, the State address register. Federal Information Address System. Analysis of various technological, organizational and computing systems gives grounds to define the cadastre as one of the complex systems. The cadastre is described as one of the varieties of complex systems - a complex organizational and technical system. The article describes complex systems that apply spatial information. The cadastre is treated as a multidimensional system. The state cadastre of real estate is considered as an object of research. The article shows its connection with the state cadastral account. The article describes the evolution and development of the Unified State Real Estate Register. The article discloses the main functions of the Unified State Real Estate Register. The article describes the main tasks of the state cadastre. The article examines the main most important documents of the state real estate cadastre. The article examines the content of the structure of the Unified State Real Estate Register. The article gives a classification of objects of state cadastral registration. Article discloses the content of the status of information about real estate. The technology of organization and maintenance of the state cadastre of real estate is described. The structure of the unified state register of real estate as a complex system is given. The main technological procedures of cadastral registration are described. Classification of objects of state cadastral registration is given. The article explores the status of information about real estate. The article proves that the use of a model of a complex organizational and technical system improves the quality of cadastral information and reduces errors in maintaining the cadastre.

**Keywords:** complex organizational and technical system, cadastre, spatial information, state cadastre of real estate. technological system.

© Selmanova N.N., 2017

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА

<b>Плескачев Ю.Н.</b>	<b>Чамурлиев О.Г.</b>	<b>Сидоров А.Н.</b>	<b>Сёмина Н.И.</b>	<b>Чамурлиев Г.О.</b>
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский государственный аграрный университет	Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский государственный аграрный университет	Кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Волгоградский государственный аграрный университет	Кандидат сельскохозяйственных наук, Ассистент, Волгоградский государственный аграрный университет	Кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов
Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:volgau@volgau.com">volgau@volgau.com</a>	Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:volgau@volgau.com">volgau@volgau.com</a>	Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:volgau@volgau.com">volgau@volgau.com</a>	Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:volgau@volgau.com">volgau@volgau.com</a>	Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6 <a href="mailto:gjorgostsamourlidis@mail.ru">gjorgostsamourlidis@mail.ru</a>

**Аннотация:** В статье приводятся экспериментальные данные по влиянию энергосберегающих способов основной обработки черноземных почв Волгоградской области при возделывании различных гибридов подсолнечника. Дана сравнительная оценка почвообрабатывающих орудий различного технологического направления по их влиянию на показатели водно-физических свойств почвы (плотность и накопление доступной влаги в метровом и пахотном слое почвы), засоренность и урожайность гибридов. Установлено преимущество чизельного рыхления на 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м в сравнении с контролем – отвальной вспашкой и прямым посевом. Отмечено увеличение засоренности посевов подсолнечника на варианте с применением прямого посева. Изучаемые гибриды по-разному реагировали на способы обработки почвы. Сравнительная их оценка показывает преимущество гибрида Пирелли в сравнении с гибридом Опера, как по урожайности, так и по рентабельности производства.

**Ключевые слова:** черноземные почвы, основная обработка, гибриды подсолнечника, чизельный рабочий орган, урожайность.

Подсолнечник в России традиционно занимает ведущее место среди масличных культур. Наибольшие площади под подсолнечником заняты в Приволжском ФО, где они достигают около 3 млн. га. Несколько ниже площади под подсолнечником в Южном ФО – 2,4 млн. га, при 1,25 млн. га в Центральном Федеральном Округе [3].

В настоящее время 50 % потребляемого растительного масла в России покрывается за счет зарубежных поставок, поэтому увеличение производства главной масличной культуры - подсолнечника – за счет повышения урожайности культуры остается важной задачей, особенно в настоящее время в тренде импортозамещения [9].

С самого начала возникновения земледелия идут горячие споры о преимуществах отвальной и безотвальной, мелкой и глубокой

обработок. Не решены эти вопросы и до сих пор [4].

В последние годы вызывает большой интерес у земледельцев прямой посев. Ещё его иногда, ошибочно называют «нулевая» обработка. На самом деле термин «нулевая» обработка, гораздо шире и подразумевает собой целую систему, которая основана на применении прямого посева в течение минимум 5 лет, для того, чтобы создавался мульчирующий слой, предохраняющий почву от высыхания и способствующий разуплотнению почвы и накопления органического вещества в верхнем слое. В качестве контрольного варианта взята традиционная вспашка отвальным плугом на глубину 0,27-0,30 м, которая прописана во всех рекомендациях по выращиванию подсолнечника. Второй, третий и четвёртый вариант – это обработки с различными модификациями

чизельного рабочего органа «Ранчо», который уже завоевал признание у земледельцев. Но до сих пор агрономы не определились, в какой комплектации его лучше применять при возделывании подсолнечника в чернозёмной зоне, то ли это просто чизельная обработка на глубину 0,35-0,37 м, то ли это чизельное рыхление на глубину 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м., или же чизельное рыхление на глубину 0,35-0,37 м с подрезающей плоскорежущей лапой для более эффективной борьбы с корневищными и корнеотпрысковыми сорняками на глубине 0,15-0,17 м [1, 8].

При этом следует отметить, что далеко не все даже самые актуальные вопросы обработки почвы решены полностью в теоретическом и практическом аспекте. Основные из них – это вопросы о способах и глубине обработки почвы [6, 7].

Сама по себе обработка не может обеспечить количественного увеличения важнейших элементов почвенного плодородия, но в совокупности с внесением удобрений и севооборотом позволяет активно вмешиваться в природные свойства почвы и изменять их в нужном направлении [10].

Поэтому проблема разработки оптимальных и рациональных систем обработки почвы, в том числе и при выращивании подсолнечника, является актуальной и по настоящее время [2].

#### **Метод и методика проведения исследований**

В опыте рассматривалось 5 вариантов обработки почвы:

1. Вспашка на 0,27-0,3 м
2. Чизельное рыхление на 0,35-0,37 м
3. Чизельное рыхление на 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м
4. Чизельное рыхление на 0,35-0,37 м с подрезающей плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м
5. Прямой посев

Для усиления эффекта от того или иного способа обработки почвы, все три года исследований проводили основную обработку почвы по одним и тем же способам.

Почва – чернозём обыкновенный. Гумуса в пахотном слое содержится 5,5 %, мощность гумусового горизонта 0,34-0,45 м. Общего азота 0,3-0,4%, что в пересчете на метровый слой составляет 23-25 т/га, подвижного фосфора 0,16-0,20%, обменного калия – 1,5-2,1 %. рН колеблется от 6,5 до 7,2. Гидротермический коэффициент (ГТК) 0,8-0,9; сумма положительных температур свыше +10 °С в среднем за годы исследований составляла 2755 °С. В опыте высевалось 2 раннеспелых гибрида Опера и Пирелли.

#### **Результаты и обсуждение**

Наблюдения за плотностью почвы в посевах подсолнечника при разных способах основной обработки почвы в наших опытах показали, что от сева до уборки подсолнечника в слое почвы 0-0,4 м плотность возрастала независимо от способа её обработки, что ещё раз подтверждает тот факт, что она является динамическим показателем. При отвальной вспашке плугом ПН-4-35 на глубину 0,27-0,30 м плотность почвы имела в отдельные периоды следующие величины: весной перед посевом 1,14 т/м<sup>3</sup>, в фазу образования корзинки 1,16 т/м<sup>3</sup>, к уборке 1,24 т/м<sup>3</sup>.

При рыхлении чизельными рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м весной перед посевом плотность почвы составляла 1,12 т/м<sup>3</sup>, в фазу образования корзинки 1,14 т/м<sup>3</sup>, к уборке 1,21 т/м<sup>3</sup>.

На варианте рыхления чизельными рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м весной перед посевом плотность почвы составляла 1,05 т/м<sup>3</sup>, в фазу образования корзинки 1,10 т/м<sup>3</sup>, к уборке 1,16 т/м<sup>3</sup>.



При рыхлении чизельными рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с подрезающей плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м весной перед посевом плотность почвы составляла 1,08 т/м<sup>3</sup>, в фазу образования корзинки 1,11 т/м<sup>3</sup>, к уборке 1,18 т/м<sup>3</sup>.

На варианте «прямого посева» без обработки почвы весной перед посевом

плотность почвы была 1,24 т/м<sup>3</sup>, в фазу образования корзинки 1,29 т/м<sup>3</sup>, к уборке 1,37 т/м<sup>3</sup>. Т.е. она выходила за пределы оптимальных значений. И это, по нашему мнению, было одной из основных причин снижения урожайности подсолнечника на данном варианте обработки почвы.

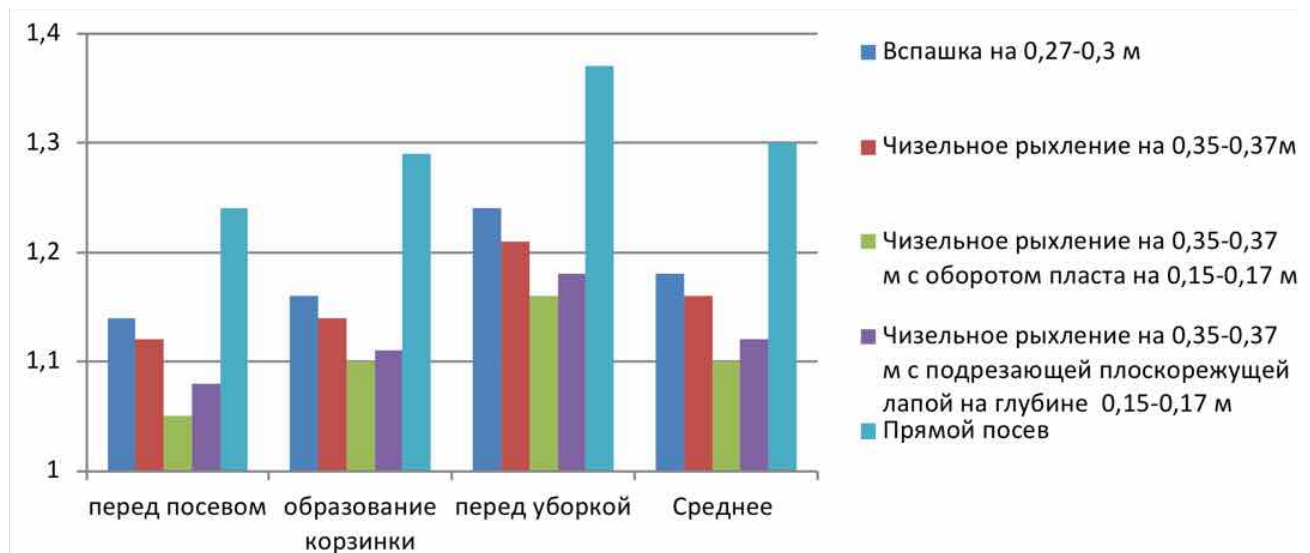


Рис. 1. Плотность почвы в посевах подсолнечника, т/м<sup>3</sup> (среднее за 2015-2017 гг.)

При изучении влияния различных способов основной обработки почвы было установлено, что к весне к моменту сева подсолнечника наибольший запас продуктивной влаги накапливался на вариантах чизельного рыхления рабочим органом «Ранчо» на 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м; чизельного рыхления рабочим органом «Ранчо» на 0,35-0,37 м с подрезающей плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м; чизельного безотвального рыхления рабочим органом «Ранчо» на 0,35-0,37 м. Данная закономерность наблюдалась во все годы исследований.

Большее накопление влаги в течение осенне-зимнего периода на чизельных вариантах объясняется величиной глубины рыхления, разрушением плужной подошвы, а отсюда - улучшением водопроницаемости, пористости и

других агрофизических свойств почвы. Наименьший запас влаги отмечался на варианте прямого посева, что, очевидно, происходило из-за увеличения плотности почвы и уменьшения порозности. Разница в запасах продуктивной влаги колебалась в пределах от 46,2 до 55,5 мм в 1,0 м слое и 13,4-21,2 мм в 0,3-метровом слое (табл. 1).

В производстве подсолнечника немаловажным условием получения высоких урожаев является своевременное уничтожение сорняков. Эффективная борьба с сорными растениями путем различных способов основной обработки почвы считается важным элементом в технологии возделывания гибридов подсолнечника.

Изучение влияния способов основной обработки почвы на засорённость подсолнечника показало,

что чизельное рыхление рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с подрезающей лапой на глубине 0,15-0,17 м приводило к уменьшению сорной растительности от 6 сорняков в 2016 году до 12 сорняков на квадратном метре в 2017 году.

Вторыми по эффективности борьбы с сорняками были варианты с оборотом пласта – отвальная вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,27-0,30 м и чизельное рыхление рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м (на

данных вариантах перед уборкой подсолнечника наблюдалось соответственно 11 и 12 сорняков на квадратном метре в 2016 году и по 17 сорняков в 2017 году) и наиболее засорёнными были посеы подсолнечника, возделываемые по технологии прямого посева – от 16 сорняков на квадратном метре в 2016 году до 23 сорняков на квадратном метре в 2017 году. Аналогичные результаты получены в среднем за все годы исследований (рис. 2).

Таблица 1.  
Содержание доступной влаги в метровом и 30-сантиметровом слое почвы весной перед посевом, мм (среднее за 2015-2017 гг.)

Способ обработки	Слой 0-1,0 м	Слой 0-0,3 м
Вспашка на 0,27-0,3 м	135,7	40,2
Чизельное рыхление на 0,35-0,37м	148,6	44,7
Чизельное рыхление на 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м	157,9	52,5
Чизельное рыхление на 0,35-0,37м подрезающей плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м	151,2	48,7
Прямой посев	102,4	31,3

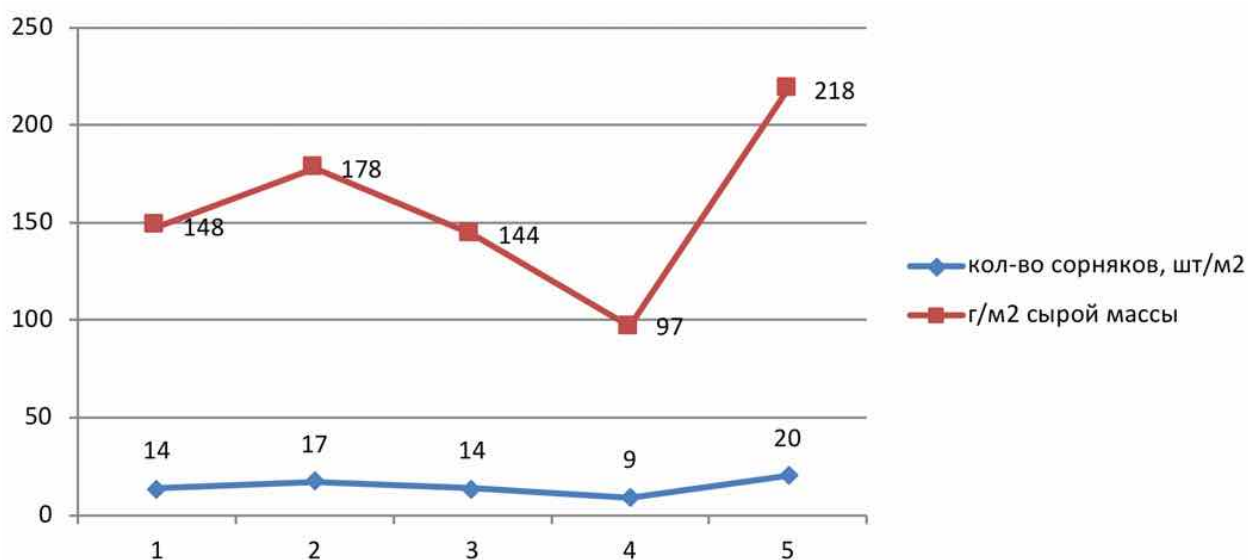


Рис. 2. Засорённость посевов подсолнечника перед уборкой в зависимости от способа основной обработки почвы по годам исследований, (среднее за 2015-2017 гг.)

Наибольшая урожайность гибридов подсолнечника формировалась на вариантах чизельного рыхления «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м и чизельного рыхления «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с подрезающей плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м (табл. 2). Различия между ними были от 0,04 до 0,07 т/га, причём при возделывании обоих гибридов, в увеличении урожайности при безотвальном рыхлении с подрезающей плоскорежущей лапой в более

засушливый 2016 год и в увеличении урожайности на варианте чизельного рыхления «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м в более благоприятные по метеорологическим условиям 2015 и 2017 годы. Варианты вспашки плугом ПН-4-35 на глубину 0,27-0,30 м и традиционного чизельного рыхления «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м уступали данным вариантам по урожайности подсолнечника в среднем на 0,23-0,25 тонны на гектаре.

Таблица 2.  
Урожайность гибридов подсолнечника Опера и Пирелли в зависимости от способа основной обработки почвы, т/га

Способ основной обработки почвы	Опера				Пирелли			
	2015	2016	2017	Ср.	2015	2016	2017	Ср.
Вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 0,27-0,30 м (контроль)	1,84	1,23	1,97	1,68	1,96	1,41	2,05	1,81
Чизельное рыхление «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м	1,79	1,27	2,16	1,74	1,95	1,44	2,29	1,89
Чизельное рыхление «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с оборотом пласта на 0,15-0,17 м	2,05	1,48	2,27	1,93	2,12	1,55	2,45	2,04
Чизельное рыхление «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 м с подрезающей плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м	2,01	1,52	2,21	1,91	2,06	1,59	2,38	2,01
Без обработки почвы – прямой посев	0,83	0,52	1,54	0,96	0,86	0,51	1,77	1,05
НСР <sub>0,5</sub> , т/га	0,032	0,024	0,036		0,038	0,026	0,040	

Наибольший чистый доход получен у гибрида Пирелли на вариантах чизельного рыхления рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 метра с плоскорежущей лапой на глубине 0,15-0,17 м. и чизельного рыхления рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 метра с оборотом

пласта на глубине 0,15-0,17 м, соответственно 4552 и 4787 рублей на гектаре. У гибрида Опера также на данных вариантах соответственно 3552 и 3687 рублей. На варианте прямого посева вместо дохода в среднем за три года был получен убыток. При возделывании гибрида Опера 3125

рублей и при возделывании гибрида Пирелли 2225 рублей на гектаре. Наибольшая рентабельность 30,7 % получена при возделывании гибрида Пирелли на варианте чизельного рыхления рабочими органами «Ранчо» на глубину 0,35-0,37 метра с оборотом пласта на глубине 0,15-0,17 м. На вариантах прямого посева как у гибрида Опера, так и гибрида Пирелли наблюдалась отрицательная рентабельность.

В результате проведенных исследований можно сделать следующее заключение:

1. В среднем за годы исследований оптимальные показатели плотности почвы в посевах подсолнечника показал вариант чизельного рыхления с оборотом пласта - 1,10 т/м<sup>3</sup>. Близким по значениям также оказался вариант чизельного рыхления с плоскорезущей лапой - 1,12 т/м<sup>3</sup>. Наименее благоприятные условия для развития корневой системы подсолнечника создавался на варианте прямого посева - 1,30 т/м<sup>3</sup>.
2. При изучении влияния обработок почвы на накопление продуктивной влаги лучшими вариантами были чизельные обработки. Это объясняется величиной глубины рыхления и улучшением водопроницаемости. Наибольший запас влаги был отмечен на варианте чизельного рыхления с оборотом пласта - 157,9 - 52,5 мм. Наименьшие показатели были на варианте прямого посева, что обусловлено высокой плотностью и меньшей водопроницаемостью почвы - 102,4 - 31,3 мм.
3. В опыте установлено, что на фитосанитарное состояние посевов лучшее влияние оказал вариант чизельной обработки с подрезающими лапами - 9 шт/м<sup>2</sup>. Наибольшее количество сорняков

наблюдалось по технологии прямого посева - 20 шт/м<sup>2</sup>. По количеству сырой массы 97 и 218 г/м<sup>2</sup> соответственно.

4. Наибольшая урожайность получена по гибриду подсолнечника Пирелли на вариантах чизельного рыхления с оборотом пласта - 2,04 т/га и чизельного рыхления с подрезающей лапой - 2,01 т/га. Варианты вспашки, чизельного рыхления и прямого посева уступали по урожайности на 0,23, 0,25 и 0,99 т/га соответственно.
5. При возделывании гибрида Пирелли на варианте чизельного рыхления с оборотом пласта была получена наибольшая рентабельность - 30,7 %. На варианте прямого посева как у гибрида Опера, так и Пирелли, в среднем за три года был получен убыток.

#### Литература

1. Борисенко, И.Б. Ресурсосберегающие способы обработки почвы при возделывании подсолнечника / И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плещачёв, А.Н. Сидоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М., 2012. - № 2. - С. 4-6.
2. Денисов, Е.П. Влияние энергосберегающих обработок почвы на плодородие и урожайность подсолнечника / Е.П. Денисов, Г.И. Шестёркин, Е.В. Решетов // Международная научно-практическая конференция, посвящённая 1000-летию Саратовского ГАУ - 2013. - С.148-151.
3. Дорожко, Г.Р. Адаптивные энерго-и почвосберегающие технологии возделывания полевых культур / Г.Р. Дорожко, О.И. Власова, А.И. Тивиков // Экология и устойчивое развитие сельской местности: Сб. матер. международной науч.-практ. конф.. - Ставрополь: Изд-во «Параграф» 2012. - С. 96-100.
4. Дорожко, Г.Р. Влияние приемов основной обработки почвы на динамику продуктивной влаги чернозема южного / Г.Р. Дорожко, Д.Ю. Бородин // Научный журнал КубГАУ. - 2012. - № 78 (04). - С. 1-10.
5. Дридигер, В.К. Эффективность использования пашни и урожайность полевых культур по технологии прямого посева / В.К. Дридигер // Достижения



науки и техники АПК. – 2014. - № 4. – С. 16-18.

6. Антонникова, С.Е. Технологические приёмы повышения продуктивности подсолнечника в условиях Волгоградской области / С.Е. Антонникова, Ю.Н. Плескачев, Г.Ф. Коцубняк // Перспективы и проблемы развития сельскохозяйственной науки и производства в рамках требований ВТО. М.: Изд. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013. - С. 194-199.
7. Бельтюков Л.П. Изучение различных технологий возделывания подсолнечника в южной зоне Ростовской области / Л.П. Бельтюков, В.А. Чеботарёв, В.Г. Донцов, А.А. Парфенюк // Вестник аграрной науки Дона. – Зерноград. 2011. - № 2 (14). – С. 88-93.
8. Плескачев, Ю.Н. Инновационные подходы при возделывании подсолнечника / Ю.Н. Плескачев, Н.И. Сёмина, С.Е. Антонникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4. - С. 36-41.
9. Плескачев, Ю.Н. Приёмы возделывания подсолнечника на южных чернозёмах Волгоградской области / Ю.Н. Плескачев, Н.И. Сёмина // Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию Победы в Сталинградской битве. Волгоград. Т.1. – 2013. - С. 162-166.
10. Сёмина, Н.И. Борьба с сорной растительностью в посевах подсолнечника в чернозёмной зоне Волгоградской области / Н.И. Сёмина, С.Е. Антонникова, Ю.Н. Плескачев // Сб. Перспективы и проблемы развития сельскохозяйственной науки и производства в рамках требований ВТО. М.: Изд. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. – С. 204-207.

### References

1. Borisenko, I.B. Resource-saving methods of soil cultivation during sunflower cultivation / I.B. Borisenko, Yu.N. Pleskachev, A.N. Sidorov // Mechanization and electrification of agriculture. - М., 2012.-No. 2. - P. 4-6.
2. Denisov, E.P. Influence of energy-saving soil treatments on fertility and sunflower yield / E.P. Denisov, G.I. Shestyorkin, E.V. Reshetov // International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the

Saratov GAU - 2013. - P.148-151. Vlasenko, A.N. Minimization of deep planar planing of the Siberian black soils / A.N. Vlasenko, V.N. Slesarev, V.I. Lynov // Sib. herald of agricultural science, - 2009. - № 9

3. Dorozhko, G.R. Adaptive energy and soil conservation technologies for cultivation of field crops / G.R. Dorozhko, O.I. Vlasova, A.I. Tivikov // Ecology and sustainable development of rural areas: Sat. mater. international scientific-practical. Conf. - Stavropol: Publishing house "Paragraph" 2012. - P. 96-100.
4. Dorozhko, G.R. Effect of basic tillage methods on the dynamics of productive moisture of southern black soils / G.R. Dorozhko, D.Yu. Borodin // Scientific Journal of KubSAU. - 2012. - No. 78 (04). - P. 1-10.
5. Dridiger, V.K. Efficiency of the use of arable land and productivity of field crops using direct seeding technology / V.K. Dridiger // Achievements of a science and engineering of agrarian and industrial complex. - 2014. - No. 4. - P. 16-18.
6. Antonnikova, S.E. Technological Techniques for Increasing Sunflower Productivity in Volgograd Region / S.E. Antonnikov, Yu.N. Pleskachev, G.F. Kotsubniak // Prospects and problems of development of agricultural science and production within the framework of WTO requirements. Moscow: Iss. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2013. - P. 194-199.
7. Beltyukov LP Studying of various technologies of cultivation of sunflower in the southern zone of the Rostov region / L.P. Beltyukov, V.A. Chebotarev, V.G. Dontsov, A.A. Parthenyuk // Bulletin of Agrarian Science of the Don. - Zernograd. 2011. - No. 2 (14). - P. 88-93
8. Pleskachev, Yu.N. Innovative approaches in the cultivation of sunflower / Yu.N. Pleskachev, N.I. Semin, S.E. Antonnikova // News of Nizhnevolzhskiy agro-university complex: science and higher vocational education. - 2013. - No. 4. - P. 36-41.
9. Pleskachev, Yu.N. Methods of cultivation of sunflower in the southern black earths of the Volgograd region / Yu.N. Pleskachev, N.I. Semin // Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of the Victory in the Battle of Stalingrad. Volgograd. Т.1. - 2013. - P. 162-166.
10. Semina N.I. Combating weed vegetation in sunflower crops in the black soils zone of the Volgograd Region / N.I. Semin, S.E. Antonnikov, Yu.N.



**INFLUENCE OF VARIOUS SOIL PROCESSING METHODS ON THE PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER**

<i>Pleskachev Yu.N.</i>	<i>Chamurliev O.G.</i>	<i>Sidorov A.N.</i>	<i>Semina N.I.</i>	<i>Chamurliev G.O.</i>
D.Sci., professor, Volgograd State Agricultural University	D.Sci., professor, Volgograd State Agricultural University	PhD, Senior Researcher, Volgograd State Agricultural University	PhD, Assistant, Volgograd State Agricultural University	PhD, Assistant, RUDN University
26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:kostyleva.lv@yandex.ru">kostyleva.lv@yandex.ru</a>	26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:gds-08@mail.ru">gds-08@mail.ru</a>	26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:ae_novikov@mail.ru">ae_novikov@mail.ru</a>	26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:vmotorin001@yandex.ru">vmotorin001@yandex.ru</a>	6, Miklukho-Maklaya street, Moscow, 117198, Russian Federation <a href="mailto:giorgostsamourlidis@mail.ru">giorgostsamourlidis@mail.ru</a>

**Abstract:** *The article presents experimental data on the effect of energy-saving methods of the main processing of black earth soils in the Volgograd Region when cultivating various sunflower hybrids. The comparative evaluation of soil-cultivating tools of various technological directions on their influence on the indices of water-physical properties of the soil (density and accumulation of available moisture in the meter and arable soil layer), weediness and yield of hybrids are given. The advantage of chisel loosening was established at 0.35-0.37 m with the formation turn by 0.15-0.17 m in comparison with the control - dumping plowing and direct sowing. An increase in the infestation of sunflower crops on the variant with the use of direct sowing was noted. The hybrids studied reacted differently to methods of soil cultivation. Their comparative evaluation shows the advantage of the Pirelli hybrid in comparison with the Opera hybrid, both in terms of productivity and profitability of production.*

**Key words:** *black earthy soils, basic processing, hybrids of sunflower, chisel working organ, yield.*

© Коллектив авторов, 2017

**FROZENING OF SOIL SOLUTIONS AS A FACTOR OF THE CHANGING PROPERTIES OF SOILS, THEIR GENESIS AND FERTILITY**

<i>Savich V.I.</i>	<i>Belopukhov S.L.</i>	<i>Gukalov V.V.</i>	<i>Podvolotskaya G.B.</i>	<i>Volkova S.K.</i>	<i>Fedorova T.A.</i>
D.Sci., Professor, Russian State Agricultural University	D.Sci., Professor, Russian State Agricultural University	PhD, Russian State Agricultural University	Postgraduate, Russian State Agricultural University	Postgraduate, Russian State Agricultural University	PhD, Assistant Professor, RUDN University
Address: 127550, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia E-mail: <a href="mailto:belopuhov@mail.ru">belopuhov@mail.ru</a>					6, Miklukho-Maklaya street, Moscow, 117198, Russian Federation <a href="mailto:tafedorova18@mail.ru">tafedorova18@mail.ru</a>

**Abstract:** It is shown that the winterizing of soil solutions leads to increase in their concentration, ionic force, a mass fraction of sodium and potassium that in total with increase in solubility of gases leads to destruction of a mineral part of soils, aluminosilicates and can influence destruction of construction objects. This process is followed by increase in contents water-soluble K, Ca, Mg, Fe and is shown by change of character of infrared ranges and derivatogramm of soils. The maintenance of cations in solutions at their winterizing is caused by solubility of rainfall which is (in mg/l): for Fe(OH)<sub>2</sub> at 2 °C - 4,5-10-5; Fe (OH)<sub>3</sub> - 2-10-8; for KCl - 34,2; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 7,4; for Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 52,9; for MgCl<sub>2</sub> - 54,6; MgSO<sub>4</sub> - 18; MgCO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O - 0,13. When freezing point to destruction of the soil absorbing complex also the data of infrared spectroscopy and a derivatografiya obtained by us. Freezing of soil solutions divides them into 2 fractions: freezing and nonfreezing at the accepted negative temperature and time of her action. In nonfreezing fraction of soil solution resistance is lower, it is more than contents of ions. It allows to say about more intensive destruction of soils under the influence of this fraction. In not frozen part of soil solutions, in comparison with frozen, the ratio of cations changes, however, in connection with existence in soil solutions of humic substances, complexes and associates, regularity of change differ from established for a kriolitozona in general.

**Key words:** freezing of solutions, cryogenesis, ion mobility in soils, potassium, calcium, magnesium, iron.

**Introduction**

When the soil solutions freeze, their freezing out takes place. The frozen part of the solution is less mineralized, the unfrozen part contains large concentrations of elements. Theoretically, this leads to the destruction of the mineral part of the soil under the influence of the greater ionic strength of the solutions. However, it is not clear how the state of organic compounds changes. In different soils, this process must have its own features. The ratio of ions in solutions should also vary.

The freezing point of the solution depends on the pH, the humus content, the ionic strength of the solution, and the presence of surface active substances in it. Thus, different microzones of soils freeze in different time, which determines migration processes. An increase in the concentration of salts and the ionic strength of the solution

leads to a decrease in the freezing point and an increase in the boiling point of the soil solutions. An increase in the content of humic substances in the soil solution leads to evaporation of water at lower temperatures and to freezing at higher temperatures. The change in the composition of soil solutions during their freezing is estimated in this study.

**Objects and methods**

The object of the research was the taiga cryogenic soil [12], sod-podzolic soils [5, 9] and for comparison - a sample of arable layer of ordinary chernozem [3,4].

The method of the research consisted of evaluating the water-soluble and motile compounds of Ca, Mg, K, Fe, the resistance in the soil solution of frozen and unfrozen samples at -1°C, in evaluating the infrared spectra [6], and derivatograms of original samples and samples after 5-fold freezing.

**Results and discussion**

In our studies in 6 series of experiments, the changes in the ion composition of soil solutions of the taiga-forest zone and permafrost-taiga soils during their freezing were estimated [12, 14]. The following Tab 1. shows the data obtained in experiment No. 1.

As it can be seen from the presented data, when the solutions are frozen out, the content of potassium increases, but the iron content and resistance vary for light and heavier soils unequally. Sokolov I.A. pointed out the changes in the composition of soil solutions during freezing for light and clay soils [15]. However, in the studied soils, during freezing in non-hardened solutions the resistance decreases and the content of iron increases significantly [12, 14].

The data in Tab. 2 shows that, the frozen and unfrozen solutions differ in iron content and in resistance. In unfrozen solutions, the resistance is generally lower, which is due to their greater electrical conductivity and greater concentration of salts. However, for the humus horizons, the pattern is reversed. In unfrozen solutions, there is also a large concentration of iron. At the same time, no such pattern is observed for humus samples.

Freezing of the soil, due to an increase in the ionic strength of the solution reacting with the solid phase, leads to the destruction of aluminosilicates and the increase of desorption of iron from the solid phase of the soils into the solution. Thus, according to the data obtained, when

composting at +20° C and during freezing of the cryogenic-taiga soil at -15° C for 1 day, desorption of Fe in mg-eq/100 g, using desorbent 0.05M HCl, was 2.5 and 3.5 meq/100 g respectively; at desorption 0.1M HCl - 3.5 and 4.5; when iron is displaced by 0.2M HCl - 4.5 and 4.7 mg-eq/100 g of soils.

As can be seen from the presented data, soil freezing significantly increased the mobility of iron in the permafrost-taiga soil. At the same time, the content of the most mobile forms of iron compounds greatly increased. This is illustrated for the cryogenic-taiga soils of the Magadan Region (experiment No. 2) by the data of the Tab. 3.

In accordance to the laws of physical chemistry, when the solutions are frozen, the precipitating solid phase consists of a pure solvent. In this case, the presence of a soluble substance lowers the freezing point, and the more concentrated the solution is, lower freezing point is. However, these patterns should differ depending on the granulometric and chemical composition of the soils and the chemical composition of the waters.

Experiment No. 3 estimated the effect of freezing water on the composition of water extract from sod-podzolic soils, which is presented in the Tab. 4.

As can be seen from the presented data, the content of potassium is greater in the unfrozen solutions than in the frozen ones in 3 cases out of 5, calcium in 5 cases out of 5, iron in 3 cases out of 4, magnesium in 5 cases out of 5. The use of non-parametric criteria of difference shows the validity of the changes.

**Table 1.**

The content of Fe, K in the frozen and unfrozen fractions of soil solutions of cryogenic-taiga soils of Yakutia (sections 1, 2, 3), mg/l

Soils	The frozen solution		The unfrozen solution		Resistance, Ohm/cm	
	Fe, mg/l	K, mg/l	Fe, mg/l	K, mg/l	1 (frozen solution)	2 (unfrozen solution)
light clay, sandy loam	1,8±0,7	2,6±0,4	2,8±0,7	7,9±1,7	16,0±1,1	19,8±1,7
medium loam	0,25±0,09	2,7±0,4	0,09±0,04	8,7±1,6	42,4±3,2	26,7±3,8



**Table 2.**

Determination of resistance in frozen and unfrozen samples of soil solutions from the cryogenic-taiga soils of Yakutia

Profile	Horizon, depth, cm	Resistance, The frozen solution	Fe, mg/l	K <sub>2</sub> O, mg/l	Resistance, The unfrozen solution	Fe, mg/l	K <sub>2</sub> O, mg/l
1	A <sub>0</sub> 0-2	41,4±2,2	0,2	2,0	149,3±4,3	0,3	7,0
	A 3-12	52,2±1,9	0,4	5,0	8,7±0,1	0,1	6,0
	Bm 13-68	38,9±0,6	-	3,0	19,8±1,1	-	5,0
	BC <sub>CA</sub> >68	53,4±2,9	-	2,0	30,2±1,3	-	7,0
2	A <sub>0</sub> 0-2	24,2±2,4	0,4	2,0	38,7±3,5	0,1	8,0
	A 3-27	36,1±1,4	0,01	2,0	24,7±0,7	0,03	14,0
	Bm 28-62	42,5±3,2	-	4,0	32,3±1,0	0,01	18,0
	BC <sub>(CA)</sub> >62	50,5±2,9	-	2,0	-	0,02	5,0
3	A <sub>0</sub> 0-3	14,0±0,1	0,05	1,0	18,6±0,3	1,0	4,0
	A 4-21	22,2±0,5	0,6	2,0	27,8±0,5	2,0	6,0
	ABm 22-30	12,9±0,4	0,01	2,0	23,7±0,4	3,4	24,0
	Bm >30	8,8±0,2	0,7	2,0	7,7±0,1	0,7	4,0
4	A <sub>0</sub> 0-3	18,4±0,1	8,2	2,0	23,3±0,8	1,1	8,0
	A 4-20	13,4±0,4	1,8	1,0	22,1±0,9	2,0	3,0
	Bm 20-66	21,2±0,4	5,6	5,0	18,6±0,3	3,0	10,0
5	A <sub>0</sub> 0-4	11,6±0,2	5,2	5,0	10,5±0,1	7,6	8,0
	A 4-20	16,1±0,4	0,5	5,0	14,0±0,1	4,3	12,0
	Bm 20-50	17,8±1,3	2,0	2,0	28,2±0,7	1,9	4,0
	BC >50	20,0±0,6	1,4	2,0	23,4±0,5	1,7	4,0
average value	$\bar{x}$	27,1±6,3	1,4±0,6	2,7±0,3	22,2±2,0	1,5±0,4	8,3±1,2
	A <sub>0</sub> A	25,0±4,8	1,9±1,0	3,0±0,5	6,4±15,6	2,1±0,9	7,5±0,7
	BmBC	28,7±4,6		2,5±0,4	20,0±2,5		8,9±2,3

**Table 3.**

Effect of freezing of permafrost-taiga soil on displacement of iron by varying concentrations of HCl (mg-eq/100 g)

Variant	Displacement HCl (0,05-0,2M)			
	0,05	0,10	0,15	0,20
60% ПВ (1)	0,46	1,73	3,28	4,43
freezing at a -15° (2)	3,90	4,24	4,43	4,58
2/1	9,7	2,50	1,30	1,00

**Table 4.**

The effect of freezing water extracts from soils on their chemical composition, mg/l

Horizon	The composition of the frozen solution				The composition of the unfrozen solution			
	K	Ca	Fe	Mg	K	Ca	Fe	Mg
sod-podzolic medium loamy well-cultivated								
Ап	0,4	0,07	0,02	0,5	7,3	6,5	1,9	9,8
Bg	1,4	0,8	0,05	3,2	12,7	7,9	0,3	9,5
BCg	2,3	0,2	0,05	2,7	-	1,2	0,1	4,7
sod-podzolic middle-loamy Michurinsky garden								
Ап	16,9	0,06	0,0	0,7	137,3	0,5	0,0	4,1
A <sub>2</sub>	6,7	0,1	0,06	1,7	14,5	0,6	0,0	3,6
$\bar{O}$	5,5± 3,1	0,25± 0,14	0,04± 0,01	1,8± 0,5	40,1± 32,5	3,3± 1,6	0,5± 0,3	6,3± 1,4

In the experiment No. 4, the effect of freeze-drying of water extract on its chemical composition for Moscow soils was evaluated. According to the data obtained, the content of potassium in frozen water was  $6.2 \pm 0.5$  mg/l, in the un-frozen -  $9.2 \pm 1.4$  mg / l.

Experiment No. 5 estimated the influence of freezing on the composition of soil solutions (P: H<sub>2</sub>O = 1: 2) for arable and sub-plow horizons of sod-podzolic soils. The obtained data are given in Tab. 5.

There are more K, Ca, Fe, Mg and the ratio (K + Mg)/Ca in the non-frozen solution than in the frozen of the arable horizons. The opposite trend is observed for the ratio (K + Mg)/Ca in subsurface horizons (which requires further research).

In the 6th experiment, the soils were frozen 5 times. After each freezing, an aliquot of frozen and unfrozen solutions was taken for analysis. In a wide correlation soil solution (500:5), sampling of 10 ml did not significantly change the ratio of the elements.

**Table 5.**

The content of cations in frozen and unfrozen samples soil solutions (1: 2), mg/l

The condition of the solution	K	Ca	Fe	Mg	(K+Mg)/Ca
1 - The frozen solution	4,7±2,5	0,2±0,1	0,04±0,01	1,8±0,4	32,5
2 - The unfrozen solution	42,8±28,5	3,2±1,4	0,38±0,3	7,1±1,3	15,6
2/1	9,1	16,0	9,5	3,9	0,5
arable horizon					
The frozen solution	8,6±8,3	0,1±0,01	0,01±0,01	0,6±0,1	131,4
The unfrozen solution	72,1±65,5	0,3±0,25	1,0±0,9	6,9±2,9	316,0
horizons A <sub>2</sub> , B, Br					
The frozen solution	3,5±1,7	0,4±0,2	0,05±0,01	2,4±0,5	14,7
The unfrozen solution	13,6±0,9	3,2±2,4	0,2±0,1	5,9±2,2	6,1

The data obtained are shown in Tab. 6. With increasing the multiplicity of freezing, the content of iron in the solution increases, which is due to the destruction of the mineral part of the soils. In the unfrozen part of the solution the concentration of Ca and Fe is higher. In well-humified soils, freezing affects more the increase in the mobility of iron than in weakly humified soils.

However, the change in the chemical composition of soil solutions during the freezing of soils is due to the simultaneous occurrence of several processes. The displacement of iron from the solid phase of soils is due to the kinetics of the process, and when the time of interaction of soils with water is longer, desorption is higher.

The displacement of iron from the soil is due to the depositing capacity of the soils, and when each successive fraction is displaced, more firmly formed bound pass into the solution, and the concentration in the equilibrated solution will be lower. The displacement of iron from the soil is due to the destruction of the mineral part of the soil during freezing and with the increase in the ionic strength of the unfrozen residue water. In this case, the concentration of iron in solutions with repeated freezing of the soil-to-solution system increases. From our point of view, the last factor plays a significant role.

The characteristics of infrared spectra of soils are given in the Tab. 7.

**Table 6.**

Composition of frozen and unfrozen waters with 5-fold freezing soil, mg/l

Variant (the composition of the ice)	good humus soil		Poor soil humus	
	Fe	Ca	Fe	Ca
1-2 freezing	0,13±0,01	49,6±8,9	0,21±0,02	16,3±0,01
3	0,18	58,3	0,46	25,7
4-5 - freezing	0,23±0,02	58,3±0,1	0,31±0,02	15,9±0,1
the remainder of the unfrozen water	0,27±0,02	58,5	0,25	27,5

**Table 7.**

Change in infrared spectra of soils during their freezing

Variant	T% at $\lambda$ cm <sup>-1</sup>						
	1630	1406	1033	770	690	$\frac{1630}{1033}$	$\frac{1630}{1406}$
chernozem 1	0,7	2,2	0,28	3,4	3,7	2,5	0,3
cover loam 2	1,7	3,0	0,23	2,7	4,2	7,4	0,6
chernozem frozen 3	2,7	5,7	0,79	7,4	8,2	3,4	0,5
cover loam frozen 4	2,6	5,6	2,70	7,4	8,9	1,0	0,5

As noted above, soil freezing has significantly changed the nature of their infrared spectra. The transmission coefficient T% was increased in the region of 1630 cm<sup>-1</sup>, 1400 and in other regions of the spectrum. In chernozem during freezing, the amount of T% changed from 10.3 to 16.4 and in the cover loam - from 16.4 to 22.2.

The character of the derivatograms of soils has also changed. According to the obtained data, the value of TG% in chernozem during freezing changed from -4.1% to -14.7%, DTA C<sup>0</sup> - from -29.0 to -10.8; in the clay loam mantle, respectively, TG from -7.3% to -7.6; DTA, C<sup>0</sup> - from -4,4 to -1,3.

From our point of view, the effect of freezing on the composition of soils and soil solutions depends on soil moisture, strength of water bond, pore size, intensity of electric fields at different distances from the sorption centers of the solid phase of soils.

According to the published data [1, 2, 10], when the Yakut soils are freezing in the unfrozen solution, the content of ferrous iron increases to 30-40 mg/l, Ca, Mg, K, Na, chlorides, sulfates. The direction of the change during the freezing of the chemical composition of the waters proceeded according to the scheme HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> → SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> → Cl<sup>-</sup>, i.e. at lower temperatures, the proportion of chlorides and sulfates increases in the non-freezing waters, which is due to the solubility products of possible precipitation [13].

According to Anisimova N.P. [1], when the temperature decreases, firstly carbonates crystallize, then sodium and magnesium sulphates at -3.5° to -8° C, and calcium sulphates at -17 °. In the unfrozen solutions, the proportion of sodium and magnesium increases. The part of sodium carbonate (hydrogen carbonate) sometimes reaches 10 g/l. However, the authors indicate that when the water of different degrees of mineralization and chemical composition is frozen, the properties of the remaining unfrozen liquid phase change irregularly.

According to our data [12], this properties depend substantially on the content of organic matter in soils. When the organic horizons freeze in the unfrozen part of the solution, the content of water-soluble organic substances increases, but they, due to complex formation, can reduce the ionic strength of the solution and increase the resistivity. Thus, according to the data obtained, in the unfrozen solutions of the humus and arable horizons of the cryogenic-taiga soils, the resistance was 36.4 ± 15.0 ohm/m, and in the frozen soils - 25.0 ± 4.8. At the same time, in the lower horizons these values were 20.0 ± 2.5 and 28.7 ± 4.6 respectively.

The changes that occur will also differ for soils of different granulometric composition [7, 8, 11, 12, 15]. In fine-grained soils, even at -10° C, some amount of water remains in the film form. However, surface films have a lower solubility than free water. This ability differs depending on the charge of density of the sorption sites of the SAC. Increase in the freezing of the ionic strength of the remaining unfrozen water, an increase in the concentration of H<sup>+</sup>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, and methane in waters at low temperatures leads to the destruction of aluminosilicates. The SiO<sub>2</sub> content in the cold permafrost waters of Yakutia varies from 10 to 25 mg/l, while in river waters this concentration does not exceed 10 g/l (according to the chemistry guide, the O<sub>2</sub> content in mg/100 ml in water at 0° C is equal to 4,9, and at 20° C - 3,1, H<sub>2</sub> - 2,1 and 1,8 respectively, CO<sub>2</sub> - 171 and 87,8, methane - 5,6 and 3,3.

It is pointed out that the increase in the concentration of SiO<sub>2</sub> in solutions during the freezing period is due to cryogenic concentration and to the solution from the soils due to the carbon dioxide released during the crystallization of water [1]. The content of cations in solutions during their freezing is also due to the solubility of precipitates, which, for example, is equal to (in mg/l): for Fe(OH)<sub>2</sub> at 2° C, 4.5 × 10<sup>-5</sup>; Fe(OH)<sub>3</sub> - 2 · 10<sup>-8</sup>; for KCl - 34,2; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 7,4; for Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 52,9; for MgCl<sub>2</sub> - 54,6; MgSO<sub>4</sub> - 18; MgCO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O - 0,13.



The destruction of the soil-absorbing complex upon freezing is indicated by the infrared spectroscopy and derivatography obtained by us.

### Conclusion

Thus, the freezing of soil solutions divides them into 2 fractions: freezing and non-freezing at the assumed negative temperature and the time of its action. In the nonfreezing fraction of the soil solution, the resistance is lower, the content of K, Fe, Ca, Mg is greater, which allows us to conclude that there is more intensive soil degradation under the influence of this fraction. In the unfrozen part of soil solutions, compared with the frozen, the ratio of cations changes, however, due to the presence of humic substances, complexes and associates in soil solutions, the regularities of the changes differ from those established for cryolithozone.

When the soil freezes, the soil solutions begin to freeze, increasing their concentration. This leads to the destruction of the mineral part of the soil, similar to the phenomena of halmyrolysis in the dry steppe regions. This process is accompanied by the destruction of aluminosilicates and can affect the destruction of building objects.

### References

1. Anisimova N.P., Pavlova N.A. Hydrochemical studies of the permafrost zone of Central Yakutia. Novosibirsk. GSO. 2014. 189 p.
2. Archegova I.B. Effect of freezing on sorption, composition, properties of humic substances // Soil science. 1979. № 11. P. 39-50.
3. Brevik EC, Calzolari C, Miller BA, Pereira P, Kabala C, Baumgarten A, Jordán A (2016) Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions Geoderma Volume 264 part B 256-274
4. Gukalov V.N., Savich V.I., Beliuchenko I.S. Information-energy assessment of the state of heavy metals in the components of the landscape, M.: RSAU – MTAA, VNIIA, 2015, 450 p.
5. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (Food and Agriculture Organization, Rome, 2014).
6. Jose M, Soriano-Disla, Les J. Janik, Raphael A. Viscarra Rossel, Lynne M. Macdonald & Michael J. McLaughlin (2014) The Performance of Visible, Near-, and Mid-Infrared Reflectance Spectroscopy for Prediction of Soil Physical, Chemical, and Biological Properties. Applied Spectroscopy Reviews Volume 49 139-186.
7. Khudyakov O.I. Cryogenesis and soil formation. Pushchino: Academy of Sciences of the USSR. 1983. 196 p.
8. Maslova M.D., Shnei T.V., Belopukhov S.L., Baybekov R.F. Investigation of the colloid-chemical properties of solonetzic soils by physicochemical methods // Fertility. 2014. № 2. P. 41-43.
9. Nikitochkin D.N., Savich V.I., Naumov V.D., Baybekov R.F. Models of soil fertility under the apple tree in time and space, M., RSAU – MTAA, 2015, 272 p.
10. Ostroumov V.E., Makeev O.V. Temperature fields of soils, development laws and soil-forming role, Moscow: Science. 1985. 188 p.
11. Savich V.I., Belopukhov S.L., Sedykh V.A., Nikitochkin D.N. Agro-ecological assessment of complex soil compounds // Bulletin RSAU – MTAA. 2013. № 6. C.5-11.
12. Savich V.I., Khudyakov O.I., Chernikov V.A., Gukalov V.V., Scriabina D.S. Properties, processes and modes of cryogenic-taiga soils. Moscow: RSAU – MTAA, VNIIA, 2016, 392 p.
13. Savich V.I. Physico-chemical basis of soil fertility. Moscow: RSAU – MTAA. 2013. 431 p.
14. Scriabin D.S. The state of iron compounds in cryogenic-taiga soils, Author's abstract. Cand. Diss., Moscow: RSAU – MTAA. 2016. 20 p.
15. Shnei T.V., Starykh S.E., Fedorova T.A., Maslova MD, Belopuhov S.L., Shevchenko A.A. Changes in the physicochemical properties of soil colloids depending on the ionic composition of the soil absorbing complex // Fertility. 2014. №3. P.33-35

The destruction of the soil-absorbing complex upon freezing is indicated by the infrared spectroscopy and derivatography obtained by us.

### Conclusion

Thus, the freezing of soil solutions divides them into 2 fractions: freezing and non-freezing at the assumed negative temperature and the time of its action. In the nonfreezing fraction of the soil solution, the resistance is lower, the content of K, Fe, Ca, Mg is greater, which allows us to conclude that there is more intensive soil degradation under the influence of this fraction. In the unfrozen part of soil solutions, compared with the frozen, the ratio of cations changes, however, due to the presence of humic substances, complexes and associates in soil solutions, the regularities of the changes differ from those established for cryolithozone.

When the soil freezes, the soil solutions begin to freeze, increasing their concentration. This leads to the destruction of the mineral part of the soil, similar to the phenomena of halmyrolysis in the dry steppe regions. This process is accompanied by the destruction of aluminosilicates and can affect the destruction of building objects.

### References

1. Anisimova N.P., Pavlova N.A. Hydrochemical studies of the permafrost zone of Central Yakutia. Novosibirsk. GSO. 2014. 189 p.
2. Archegova I.B. Effect of freezing on sorption, composition, properties of humic substances // Soil science. 1979. № 11. P. 39-50.
3. Brevik EC, Calzolari C, Miller BA, Pereira P, Kabala C, Baumgarten A, Jordán A (2016) Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions Geoderma Volume 264 part B 256-274
4. Gukalov V.N., Savich V.I., Beliuchenko I.S. Information-energy assessment of the state of heavy metals in the components of the landscape, M.: RSAU – MTAA, VNIIA, 2015, 450 p.
5. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (Food and Agriculture Organization, Rome, 2014).
6. Jose M, Soriano-Disla, Les J. Janik, Raphael A. Viscarra Rossel, Lynne M. Macdonald & Michael J. McLaughlin (2014) The Performance of Visible, Near-, and Mid-Infrared Reflectance Spectroscopy for Prediction of Soil Physical, Chemical, and Biological Properties. Applied Spectroscopy Reviews Volume 49 139-186.
7. Khudyakov O.I. Cryogenesis and soil formation. Pushchino: Academy of Sciences of the USSR. 1983. 196 p.
8. Maslova M.D., Shnei T.V., Belopukhov S.L., Baybekov R.F. Investigation of the colloid-chemical properties of solonetzic soils by physicochemical methods // Fertility. 2014. № 2. P. 41-43.
9. Nikitochkin D.N., Savich V.I., Naumov V.D., Baybekov R.F. Models of soil fertility under the apple tree in time and space, M., RSAU – MTAA, 2015, 272 p.
10. Ostroumov V.E., Makeev O.V. Temperature fields of soils, development laws and soil-forming role, Moscow: Science. 1985. 188 p.
11. Savich V.I., Belopukhov S.L., Sedykh V.A., Nikitochkin D.N. Agro-ecological assessment of complex soil compounds // Bulletin RSAU – MTAA. 2013. № 6. C.5-11.
12. Savich V.I., Khudyakov O.I., Chernikov V.A., Gukalov V.V., Scriabina D.S. Properties, processes and modes of cryogenic-taiga soils. Moscow: RSAU – MTAA, VNIIA, 2016, 392 p.
13. Savich V.I. Physico-chemical basis of soil fertility. Moscow: RSAU – MTAA. 2013. 431 p.
14. Scriabin D.S. The state of iron compounds in cryogenic-taiga soils, Author's abstract. Cand. Diss., Moscow: RSAU – MTAA. 2016. 20 p.
15. Shnei T.V., Starykh S.E., Fedorova T.A., Maslova MD, Belopuhov S.L., Shevchenko A.A. Changes in the physicochemical properties of soil colloids depending on the ionic composition of the soil absorbing complex // Fertility. 2014. №3. P.33-35



## ВЫМОРАЖИВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ, КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ, ИХ ГЕНЕЗИСА И ПЛОДОРОДИЯ

<b>Савич В.И.</b>	<b>Белопухов С.Л.</b>	<b>Гукалов В.В.</b>	<b>Подволоцкая Г.В.</b>	<b>Волкова С.К.</b>	<b>Федорова Т.А.</b>
Д.с-х.н., профессор, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева	Д.с-х.н., профессор, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева	к.с-х.н., РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, ООО «Заветы Ильича»	Аспирант, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева	Аспирант, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	PhD, Assistant Professor, RUDN University
<b>Адрес:</b> 127550, Москва, Тимирязевская ул., 49 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:belopuhov@mail.ru">belopuhov@mail.ru</a>					<b>Адрес:</b> 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:tafedorova18@mail.ru">tafedorova18@mail.ru</a>

**Аннотация:** Показано, что вымораживание почвенных растворов приводит к увеличению их концентрации, ионной силы, массовой доли натрия и калия, что в совокупности с повышением растворимости газов приводит к разрушению минеральной части почв, алюмосиликатов и может влиять на разрушение строительных объектов. Этот процесс сопровождается увеличением содержания водорастворимых К, Са, Mg, Fe и проявляется изменением характера инфракрасных спектров и дериватограмм почв. Содержание катионов в растворах при их вымораживании обусловлено растворимостью осадков, кото-рая составляет (в мг/л): для Fe(OH)<sub>2</sub> при 2°С - 4,5·10<sup>-5</sup>; Fe(OH)<sub>3</sub> - 2·10<sup>-8</sup>; для KCl - 34,2; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 7,4; для Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - 52,9; для MgCl<sub>2</sub> - 54,6; MgSO<sub>4</sub> - 18; MgCO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O - 0,13. На разрушение почвенно-поглощающего комплекса при замерзании указывают и полученные нами данные инфракрасной спектроскопии и дериватографии. Замораживание почвенных растворов разделяет их на 2 фракции: замерзающую и незамерзающую при принятой отрицательной температуре и времени ее действия. В незамерзающей фракции почвенного раствора ниже сопротивление, больше содержание ионов. Это позволяет говорить о более интенсивном разрушении почв под влиянием этой фракции. В незамерзшей части почвенных растворов, по сравнению с замерзшей, изменяется соотношение катионов, однако, в связи с наличием в почвенных растворах гумусовых веществ, комплексов и ассоциатов, закономерности изменения отличаются от установленных для криолитозоны в целом.

**Ключевые слова:** вымораживание растворов, криогенез, подвижность ионов в почвах, калий, кальций, магний, железо.

© Authors, 2017

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ЧУГУНА

<i>Костылева Л.В.</i>	<i>Гапич Д.С.</i>	<i>Новиков А.Е.</i>	<i>Моторин В.А.</i>	<i>Шияпов Т.И.</i>
Доктор технических наук, профессор, Волгоградский государственный аграрный университет	Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский государственный аграрный университет	Доктор технических наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет, ВНИИ орошаемого земледелия	Кандидат технических наук, доцент, Волгоградский государственный аграрный университет, ВНИИ орошаемого земледелия	Ассистент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов
Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:kostyleva.l.v@yandex.ru">kostyleva.l.v@yandex.ru</a>	Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:gds-08@mail.ru">gds-08@mail.ru</a>	Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:ae_novikov@mail.ru">ae_novikov@mail.ru</a>	Россия, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26 <a href="mailto:vmotorin001@yandex.ru">vmotorin001@yandex.ru</a>	Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 <a href="mailto:ti.shiyapov@gmail.com">ti.shiyapov@gmail.com</a>

**Аннотация:** В процессе эксплуатации почвообрабатывающих машин их рабочие органы, в том числе режущие лезвия подвергаются динамическим нагрузкам, абразивному и химическому воздействию внешней среды, что провоцирует их износ. Вследствие этого наработка на отказ почвообрабатывающих машин не превышает 5...20 га. Перспективным направлением повышения износостойкости режущих лезвий является использование высокопрочного чугуна при их изготовлении, который, в зависимости от химического состава и термокинетических условий затвердевания, обладает способностью образовывать карбидную эвтектику (ледебурит) в белых чугунах или графитную эвтектику в серых. Технологии изготовления режущих лезвий из чугуна основаны на получении феррито-перлитной структуры с шаровидным графитом, а также мартенситной матрицы с шаровидным графитом. Такие рабочие органы не обладают достаточно высокой твердостью и износостойкостью, поскольку более твердая составляющая образует непрерывную матрицу, а инверсированные включения представляют собой графит с очень низкой твердостью. В соответствии с принципом Шарпи, основанном на полной инверсии расположения твердых фаз, разработаны режимы термообработки режущих лезвий из чугуна, которые позволяют получить диффузионные слои, содержащие шаровидный графит, включения эвтектического и вторичного цементита в бейнитной матрице. Высокая износостойкость режущих лезвий достигается за счет присутствия от 20 до 50% твердых карбидных включений. Наличие в составе чугуна карбидообразующего компонента ванадия от 1,0 до 4,5% способствует частичному затвердеванию эвтектики в виде ледебурита, причем включения эвтектических карбидов инверсированы. Режим термообработки состоит из следующих операций: температура нагрева под закалку составляет 1000...1050 °С, охлаждение в соляной ванне при температуре 360...380 °С. Замена дорогостоящих материалов, сплавов и технологий на использование легированного чугуна с высокопрочной структурой приведет к существенному снижению себестоимости рабочих органов почвообрабатывающих машин. Предложенная технология получения отливок для изготовления режущих лезвий рабочих органов почвообрабатывающих машин позволит повысить их эксплуатационную надежность.

**Ключевые слова:** износостойкость, режущие лезвия, почвообрабатывающие машины, абразивный износ, чугун.

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих машин их рабочие органы, контактирующие непосредственно с почвой, подвергаются динамическим нагрузкам [9], абразивному [10] и химическому воздействию внешней среды. Это вызывает быстрый износ таких деталей, поэтому работы, связанные с повышением износостойкости материалов, предназначенных для изготовления рабочих органов

почвообрабатывающих машин (лемехов, лап культиваторов, дисков и др.), являются актуальными.

Твердость и сопротивление почвы движению рыхлителя с увеличением глубины обработки значительно возрастают, в нижних почвенных горизонтах зачастую встречаются камни, что многократно повышает требования к абразивной износостойкости, прочности и ударостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин. В то же



время многие из них имеют крайне малый ресурс. Например, в работе [2] показано, что наработка на отказ долот плуга при обработке почв разного вида и физического состояния составляет от 5 до 20 га.

В этой связи исследования, направленные на повышение эксплуатационных характеристик наиболее нагруженной детали почвообрабатывающего орудия – долота, необходимы для развития энергоэффективных агротехнических технологий.

В отечественном и зарубежном сельхозмашиностроении для изготовления долота плуга-рыхлителя используют преимущественно сортовой прокат углеродистой или малолегированной стали. Износостойкость режущих элементов долота, как правило, обеспечивают объёмной или локальной закалкой (при достаточном содержании углерода в стали) или наплавкой различными износостойкими материалами.

В работах отечественных и зарубежных исследователей [4-6] на интенсивно изнашиваемую поверхность рабочих органов почвообрабатывающих машин рекомендовано нанесение наплавки керамики на основе оксида алюминия, нитрида или карбида кремния, хромистого чугуна, твердых сплавов или сплавов типа Сормайт, которые действительно способны увеличить износостойкость. Но эти наплавки, как правило, очень дороги и многократно увеличивают себестоимость изготовления деталей [3].

Одним из перспективных направлений повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин, работающих в условиях абразивного износа, является использование высокопрочного чугуна при их изготовлении.

Чугун обладает уникальной

способностью, в зависимости от химического состава и термокинетических условий затвердевания, образовывать карбидную эвтектику (ледебурит) в белых чугунах (рис. 1), или графитную эвтектику в серых.

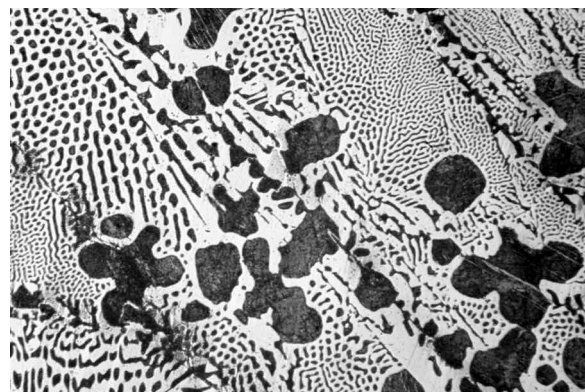


Рис. 1. Микроструктура белого чугуна: ледебурит + перлит в первичных дендритах (×250)

Ледебурит имеет очень высокую твердость, HB 700, и придает белому чугуну высокую износостойкость. Но присутствие ледебурита делает чугун настолько хрупким, что динамическим нагрузкам он сопротивляться не может.

Прочностные и вязкопластические свойства графитизированных чугунов возрастают по мере увеличения компактности графитовых включений, которые могут иметь пластинчатую, хлопьевидную или шаровидную форму в серых (СЧ), ковких (КЧ) и высокопрочных (ВЧ) чугунах соответственно (рис 2).

Наиболее подходящим типом чугуна для условий работы в плотной абразивной среде, с высоким давлением на поверхности рабочего органа (долота), при больших скоростях перемещения машинно-тракторного агрегата (МТА), является высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ), например, марка ВЧ50.

Отличительной особенностью ВЧШГ являются его высокие

механические свойства, обусловленные шаровидной формой графита, который не оказывает надрезающего воздействия на металлическую основу, вследствие чего вокруг сфероидов графита в меньшей степени возникает концентрация напряжений.

При этом ВЧШГ, как и другие чугуны, можно получать со всеми

известными структурами металлической основы, варьируя состав металла, параметры литейной технологии, применяя термическую обработку. Основные характеристики фаз и структурных составляющих приведены в табл. 1.

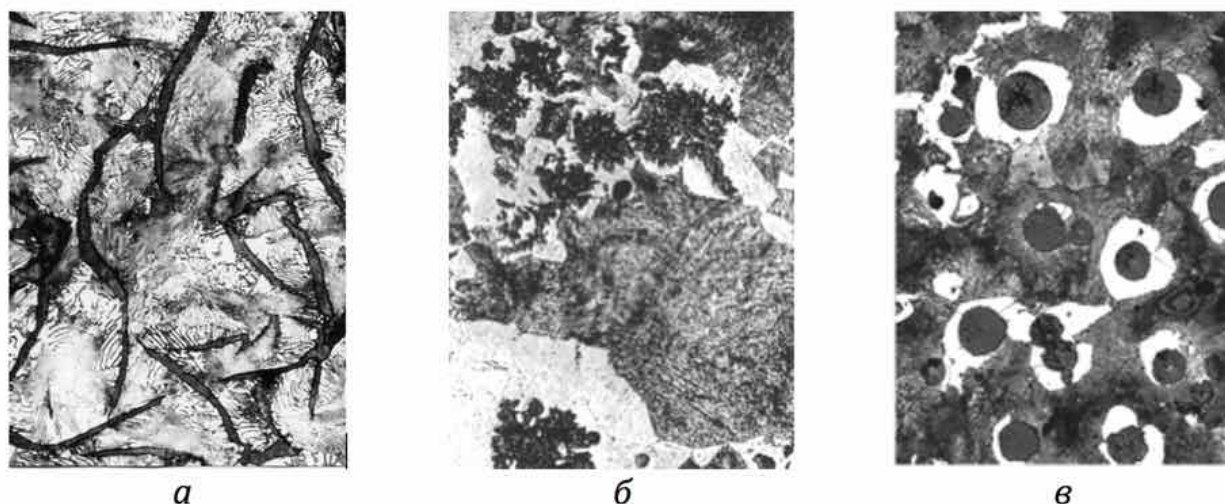


Рис. 2. Микроструктуры перлитно-ферритных чугунов (×100)

Таблица 1.

Механические свойства фаз и структурных составляющих металлической основы чугуна

Фазы или структурные составляющие	НВ
Феррит, легированный кремнием	120...150
Цементит	800...850
Мартенсит	500...550
Перлит	190...270
Ледебурит	700
Бейнит	450...475

Увеличение общей твердости материала, несомненно, повышает износостойкость детали при работе в абразивной среде. Но экспериментально доказано, что твердость материала не является основным показателем износостойкости в условиях абразивного износа. Поэтому, в качестве

основного показателя износостойкости будем рассматривать структуры, отвечающие принципу Шарпи.

Принцип Шарпи основывается на полной инверсии расположения твердых фаз, т.е. необходимо условие, при котором наиболее твердые структурные составляющие залегают в виде изолированных друг от друга включений, а наиболее вязкие образуют сплошную матрицу, что в наилучшей степени обеспечивает высокие износостойкие свойства сплавов, прочность, вязкость.

Рассмотрим возможные структуры металлической основы ВЧШГ на соответствие принципу Шарпи с целью получения максимальных показателей сопротивления абразивному износу.

Высокая износостойкость таких структур должна достигаться за счет наличия в структуре значительного количества (20...50%) твердых карбидных включений, которые

затрудняют микрорезание поверхности деталей [4, 5].

Феррито-перлитная структура с шаровидным графитом, а также мартенситная матрица в чугунах с шаровидным графитом не обладают достаточно высокой твердостью и износостойкостью и не соответствуют принципу Шарпи, поскольку более твердая составляющая образует непрерывную матрицу, а инверсированные включения представляют собой графит с очень низкой твердостью. Такая структура обладает весьма низким сопротивлением абразивному износу. Но если в составе чугуна будет присутствовать хотя бы небольшое количество таких карбидообразующих компонентов как ванадий (1,0...4,5%), то часть эвтектики затвердеет в виде ледебурита, причем включения эвтектических карбидов будут

инверсированы [1, 7]. Режим термообработки состоит из следующих операций: температура нагрева под закалку составляет 1000...1050 °С, чтобы при последующем ускоренном охлаждении из аустенита дополнительно выделится вторичный цементит в виде изолированных включений, затем переносим в соляную ванну с температурой 360...380 °С для изотермического превращения аустенита в бейнит.

Режим охлаждения при такой термообработке показан кривой охлаждения на диаграмме изотермического превращения переохлажденного аустенита (рис. 3, а). В результате получается структура (рис. 3, б), которая содержит шаровидный графит, включения эвтектического и вторичного цементита в бейнитной матрице.

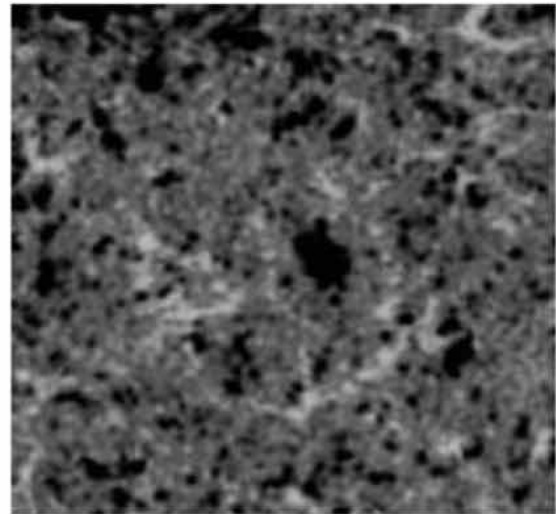
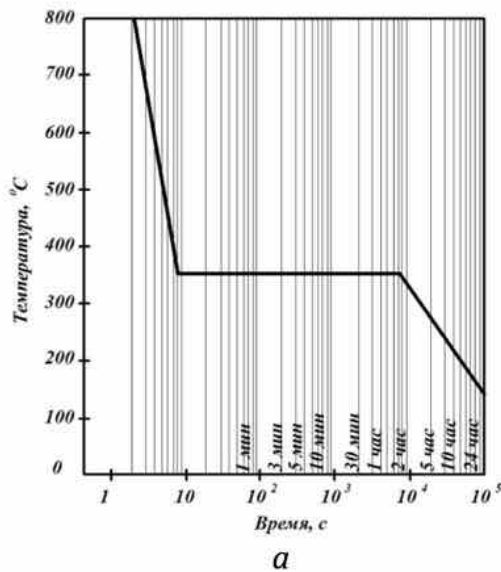


Рис. 3 – Кривая охлаждения изотермической закалки ВЧШГ на бейнит с предварительным выделением вторичного цементита, наложенная на изотермическую диаграмму [6] (а) и микроструктура, полученная при этой термообработке (×100) – бейнит, цементит и шаровидный графит (б)

Структура ВЧШГ соответствует принципу Шарпи, обладает высокой абразивной износостойкостью и прочностью, а ее получение достигается при регулировании скорости

охлаждения в течение всего процесса затвердевания и охлаждения отливки без термической обработки с повторного нагрева (рис. 4).



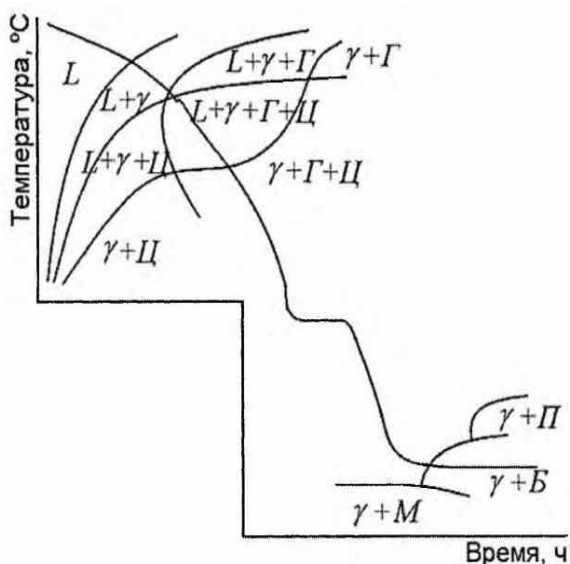


Рис. 4 – Схема охлаждения отливок, совмещенная с термокинетическими диаграммами кристаллизации и распада аустенита [8]

Замена дорогостоящих материалов, сплавов и технологий на использование нелегированного чугуна с регулированием скорости охлаждения в процессе затвердевания и охлаждения отливки без повторного нагрева приведет к существенному снижению их себестоимости. Данная технология получения отливок для изготовления режущих лезвий рабочих органов почвообрабатывающих машин позволит повысить их эксплуатационную надежность.

### Литература

1. Арсенов, П.П. Металлические расплавы и их свойства / П.П. Арсенов, Л.А. Коледов. – М.: Metallurgy, 1976. – 376 с.
2. Иванов, В.Н. Словарь-справочник по литейному производству / В.Н. Иванов. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
3. Костылева, Л.В. Комплексное влияние химического состава чугуна на структуру отбеленного слоя долота чизельного плуга / Л.В. Костылева, Д.С. Гапич, В.А. Моторин, Д.Б. Курбанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2. – С. 221-227.
4. Мирошниченко, И.С. Закалка из жидкого состояния / И.С. Мирошниченко. – М.: Metallurgy, 1982. – 168 с.

5. Попов, А.А. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита. Справочник термиста / А.А. Попов, Л.Е. Попова. – М.: Metallurgy, 1965. – 496 с.
6. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
7. Макаренко, К.В. Развитие теоретических основ и технологических способов рационального структурирования графитизированных чугунов: дис. ... док. техн. наук. – Нижний Новгород, 2014. – 329 с.
8. Макаренко, К.В. Методы создания структурных оболочек вокруг графитовых включений в высокопрочном чугуне / К.В. Макаренко, А.А. Полтаруха // Вестник Брянского государственного технического университета. 2013. – № 2 (38). – С. 64-68.
9. Pyndak, V.I. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil / V.I. Pyndak, A.E. Novikov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2014. – Vol. 43, No. 6. – P. 532-536.
10. Pyndak, V.I. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening / V.I. Pyndak, A.E. Novikov // Metal Science and Heat Treatment. – 2016. – Vol. 58, No. 3-4. – P. 226-230.

### References

1. Arsenev, P.P. Metal Melts and their properties / P.P. Arsenev, L.A. Koledov. – М.: Metallurgy, 1976. – 376 p.
2. Ivanov V.N. Reference dictionary for founder / V.N. Ivanov. – М.: Mechanical engineering, 1990. – 384 p.
3. Kostyleva L.V. Complex effect of the chemical composition of cast iron on the structure of the bleached chisel bit layer / L.V. Kostyleva, D.S. Gapich, V.A. Motorin, D.B. Kurbanov // News of the Nizhnevolzhsk Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education. – 2016. – № 2. – P. 221-227.
4. Miroshnichenko I.S. Hardening from a liquid state / I.S. Miroshnichenko. – М.: Metallurgy, 1982. – 168 p.
5. Popov, A.A. Isothermal and thermokinetic diagrams of decay of supercooled austenite. Reference thermist / A.A. Popova, L.E. Popova. – М.: Metallurgy, 1965. – 496 p.
6. Handbook of cast iron / Edited by. N.G. Girshovich. – L.: Mechanical engineering, 1978. – 758 p.
7. Makarenko, K.V. Development of theoretical foundations and technological methods of rational structuring of graphitized cast irons

- and : dis. ... doc. techn. scien. – Nizhniy Novgorod, 2014. – 329 p.
8. Makarenko, K.V. Methods for creating structural shells around graphite inclusions in high-strength cast iron / K.V. Makarenko, A.A. Poltaruho // Bulletin of State Technical University of Bryansk. 2013. – № 2 (38). – P. 64-68.
  9. Pyndak, V.I. Energy Efficiency of Mechanisms and Instruments for Deep Cultivation of Soil /

- V.I. Pyndak, A.E. Novikov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2014. – Vol. 43, No. 6. – P. 532-536.
10. Pyndak, V.I. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening / V.I. Pyndak, A.E. Novikov // Metal Science and Heat Treatment. – 2016. – Vol. 58, No. 3-4. – P. 226-230.



## IMPROVEMENT OF WEAR RESISTANCE OF WORKING BODIES OF TILLERS, MADE OF CAST IRON

<i>Kostyleva L.</i>	<i>Gapich D.</i>	<i>Novikov A.</i>	<i>Motorin V.</i>	<i>Shiyapov T.</i>
D.Sci., professor, Volgograd State Agricultural University	D.Sci., professor, Volgograd State Agricultural University	D.Sci., professor, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd State Technical University	PhD, Volgograd State Agricultural University, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture	Assistant, RUDN University
26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:kostyleva.l.v@yandex.ru">kostyleva.l.v@yandex.ru</a>	26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:gds-08@mail.ru">gds-08@mail.ru</a>	9 Timiryazeva, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:ae_novikov@mail.ru">ae_novikov@mail.ru</a>	26 pr. Universitetskiy, Volgograd, 400002, Russian Federation <a href="mailto:vmotorin001@yandex.ru">vmotorin001@yandex.ru</a>	6, Miklukho-Maklaya street, Moscow, 117198, Russian Federation <a href="mailto:ti.shiyapov@gmail.com">ti.shiyapov@gmail.com</a>

**Abstract:** In the process of operation of machinery tillage working bodies, including the cutting blades are subjected to dynamic loads, abrasion and chemical influence of the external environment, which causes them to wear out. As a consequence, MTBF tillage machines does not exceed 5...20 hectares. A promising direction of improving the wear resistance of the cutting blades is the use of high-strength cast iron in their manufacture, which, depending on chemical composition and thermo-kinetic solidification conditions, has the ability to form a carbide eutectic (ledeburite) in white cast iron or graphite eutectic in gray. Technology of manufacturing of blades of iron is based on obtaining ferrite-pearlite structure with spheroidal graphite, and martensite matrix with nodular graphite. Such working bodies do not have sufficiently high hardness and wear resistance, because the more rigid component forms a continuous matrix, and the inverted inclusions are graphite with a very low hardness. In accordance with the principle of the Charpy based on full inversion the location of the solid phases, the developed modes of heat treatment of blades made of cast iron, which allow to obtain the diffusion layers containing spherical graphite, inclusions of eutectic and secondary cementite in the bainite matrix. High wear resistance cutting blades is achieved by the presence of from 20 to 50% solid carbide inclusions. The presence of iron carbidopa component vanadium from 1.0 to 4.5% contributes to a partial solidification of the eutectic in the form of ledeburite, and the inclusion of the eutectic carbides inversionary. The treatment consists of the following operations: temperature of heating for hardening is 1000...1050 °C, cooling in the salt bath at a temperature of 360...380 °C. Replacement of expensive materials, alloys and technologies for the use of non-alloy iron with high strength structure will lead to a significant cost reduction of the working bodies of tillage machines. The proposed technology of obtaining castings for the manufacture of cutting blades of the working bodies of tillage machines will improve their operational reliability.

**Key words:** abrasion resistance, cutting blades, tillage machines, abrasive deterioration, iron.

© Коллектив авторов, 2017



## НОВАЯ БИЗНЕС-МОДЕЛЬ КАК ПУТЬ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

<b>Дорохина Е.Ю.</b>	<b>Харченко С.Г.</b>
Доктор экономических наук, доцент, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова	Доктор физико-математических, профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ
<b>Адрес:</b> 115093, Москва, Стремянный пер., 36 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:elena.dorokhina@mail.ru">elena.dorokhina@mail.ru</a>	<b>Адрес:</b> 119571, Москва, пр. Вернадского, 82, стр.1 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:kharchenko.sg@rea.ru">kharchenko.sg@rea.ru</a>

**Аннотация:** В статье представлена новая бизнес-модель, обеспечивающая устойчивое развитие строительных предприятий. Ограниченность и постоянный рост использования энергоносителей ведут к повышению затрат на эксплуатацию зданий. При этом нельзя недооценивать последствий применения ископаемого топлива на окружающую среду. Основным принципом функционирования экологически устойчивого способа производства является сохранение благополучия экологических систем. Наряду с повышением эффективности в промышленности и на транспорте следует изменить поведение каждого потребителя относительно вновь строящихся и модернизируемых зданий. Достижению экологически устойчивого развития служат так называемые «стратегии устойчивости». Раскрывается содержание стратегий экономичности, эффективности и состоятельности и обосновываются пути, которыми они ведут к устойчивой предпринимательской деятельности. В строительной отрасли наиболее приемлемой является стратегия экономичности. В рамках концепции устойчивого развития для реновации существующих и строительства новых зданий предложена система характеристик, в которой выделены подсистемы и модули, специфические для каждого проекта. Благодаря кооперации системный подрядчик, выступающий в качестве руководящего и объединяющего звена специализированных предприятий (отвечающих за отопление, кондиционирование, вентиляцию, водоснабжение и водоотведение, электроснабжение, управление готовым объектом) может достичь необходимой синергии и построить устойчивое здание.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, бизнес-модель, системный строительный подрядчик.

### Введение

Понятие «устойчивое развитие» впервые было сформулировано в 1987 году комиссией Брундтланд (Всемирной комиссией по охране окружающей среды и развитию): «Устойчивое развитие обеспечивает удовлетворения потребностей нынешних удовлетворять потребности нынешнего поколения не подвергая риску способности будущих поколений удовлетворять их потребности.» [8]. Устойчивость включает три измерения: экономику, экологию и социальную сферу. С 1987 по 2017 гг. численность населения Земли выросла с 5 до 7,55 млрд. человек, к 2050 г. ожидается ее увеличение до 10 млрд. В настоящее время более 60% населения проживает в Азии. Жители развивающихся стран стремятся достичь такого же высокого уровня жизни и потребления, как и в индустриальных странах. Стремительный рост населения и

увеличение его запросов требуют огромного количества ресурсов. Заселяются новые территории, ведется крупное строительство, извлекается невозобновимое сырье. В недалеком будущем из-за роста потребности в энергии могут быть исчерпаны легкодоступные запасы нефти [2]. Аналогичная картина складывается для большинства невозобновимых ресурсов, от которых существенно зависит уровень жизни в индустриальных странах. Поскольку потребление ископаемого топлива не сокращается, то к 2100 г. эмиссия углекислого газа может привести к глобальному потеплению на 0.6–4.0°C. [3]. Изменение климата и экстенсивное потребление таких невозобновимых ресурсов, как нефть, природный газ, некоторые минералы, имеют пока мало ощутимые, но достаточно серьезные последствия.

Рост численности населения и его стремление к процветанию при

ограниченных невозобновимых ресурсах ведут к растущей диспропорции между спросом на них и предложением и, как следствие, к быстрому росту цен на ископаемые энергоносители. Решение этой проблемы невозможно без изменения потребительского поведения, в первую очередь, в промышленно развитых странах, демонстрирующих наибольшее потребление и, соответственно, наивысшую потребность в ресурсах. Свое поведение должен пересмотреть каждый индивидум. В ведущих европейских странах, прежде всего в Швейцарии, поставлена цель к 2020 году сократить потребление энергии до 2000 ватт на человека в час, т.е. на 20% по сравнению с уровнем 1990 г. [5]. Для достижения этой цели необходимо изменить ежедневное поведение потребителей. С одной стороны, от промышленности требуется экономия энергии вдоль всей цепочки создания добавленной стоимости производимых продуктов, соответственно – сокращение выбросов CO<sub>2</sub>. С другой стороны, осознавая свою ответственность за устойчивое развитие, потребители должны настраиваться на использование устойчивых продуктов.

### **Вызовы строительной отрасли**

В настоящее время 50% совокупного потребления ископаемого топлива связано с обслуживанием зданий, 44% от этого объема составляет потребление тепловой энергии [5]. Ограниченность и обусловленное ею перераспределение энергоносителей ведут к значительному повышению затрат на эксплуатацию зданий. Таким образом, доля затрат на энергию в валовом продукте возрастает, соответственно меньше средств остается на потребление и накопление. Кроме того, нельзя недооценивать воздействия растущего использования

ископаемого топлива на окружающую среду.

В дополнение к мероприятиям по повышению эффективности в промышленности и на транспорте следует изменить поведение каждого потребителя относительно вновь строящихся и модернизируемых зданий. Здесь имеется большой потенциал оптимизации. За счет сокращения потребления энергоносителей можно разорвать порочный круг: постоянный рост затрат на эксплуатацию зданий из-за повышения цен на энергоносители.

Путем оптимизации конструкции здания можно практически достигнуть его энергетической автономности. Остаточная потребность в обогреве или охлаждении может быть покрыта за счет возобновимых энергоресурсов. Здания, использующие фотовольтаику, объединенную выработку тепловой и электроэнергии в сочетании с интеллектуальными электросетями (Smart Grids), могут функционировать одновременно как генераторы и накопители энергии.

При рассмотрении инвестиций в недвижимость требуется изменение парадигмы от анализа капиталовложений к ориентации на жизненный цикл (т.е. временной горизонт должен составлять 30 и более лет). В жизненном цикле недвижимости существенными являются операционные затраты, затраты на содержание и ремонт. Благодаря изменению парадигмы, для строительных компаний открывается новое поле деятельности, требующее, однако новых бизнес- и организационных моделей.

### **Цели новой бизнес-модели**

На рынке деревянного домостроения Москвы и области имеется ряд предприятий (Зодчий, Терем, Технология и др.), позиционирующих себя как системные

строительных подрядчики [1]. Они предлагают заказчикам комплексные услуги: планирование, производство материалов, строительные-монтажные работы. Кроме того, они берут на себя и такие задачи, как поиск участка под застройку и софинансирование. Комплексное предложение дает возможность оптимизации жизненного цикла продукта. Новая бизнес-модель ориентирована на устойчивое развитие, максимальную эффективность производства. Целями модели могут быть [7]:

- устойчивое управление предприятием в соответствии с экологическими критериями;
- устойчивое повышение эффективности производства за счет максимизации полезности для клиентов, создания индивидуального, оптимально отвечающего его потребностям, устойчивого здания;
- устойчивое повышение эффективности за счет «промышленного производства на заказ» (Mass-Customization).

#### **Бизнес-модель: устойчивое управление предприятием**

Для обеспечения устойчивости предприятия должны быть преобразованы, и процессы на них должны быть реорганизованы таким образом, чтобы целенаправленно способствовать устойчивому развитию.

Основным принципом функционирования экологически устойчивого способа производства является поддержание благополучия экологических систем [7]:

- использование возобновимых ресурсов не должно превышать их естественную регенерацию;
- генерация материалов в природе должна обеспечивать потребности экологической системы;

- использование невозобновимых ресурсов должно сопровождаться ростом эффективности или замещением возобновимыми ресурсами.

Достижению экологически устойчивого развития служат так называемые «стратегии устойчивости». Различают стратегии экономичности, эффективности и состоятельности, разными путями ведущие к устойчивой предпринимательской деятельности.

*Стратегия экономичности* направлена на изменение модели потребления и стиля жизни для снижения потребления материальных благ, особенно в развитых странах.

*Стратегия эффективности* предусматривает сокращение потребления ресурсов и нагрузки на окружающую среду путем оптимизации производства и цепочки создания добавленной стоимости.

*Стратегия состоятельности* подразумевает интеграцию антропогенных материальных и энергетических потоков в естественный кругооборот.

Для достижения экологически устойчивого развития предприниматели должны ориентироваться на следующие принципы.

*Принцип кругооборота* означает замыкание линейных материальных потоков в циклическую систему с каскадным использованием материалов.

*Принцип ответственности* – это этическая компонента политики по отношению к окружающей среде, обусловленная требованиями внутри- и межгенерационной справедливости.

*Принцип кооперации* подразумевает решение экологических вопросов с помощью подходов, поддержанных всеми заинтересованными лицами. Предприятиям предлагается в качестве образца цепочки создания добавленной стоимости использовать существующие

в природе пищевые цепи (производство – потребление – утилизация).

*Принцип функциональности* предлагает вместо ориентации на продукт ставить во главу угла потребности клиента, их оптимальное удовлетворение предпринимательской деятельностью.

Перечисленные принципы должны стать руководством к действию и ориентиром для предпринимателей и составить основу новой бизнес- модели.

### **Бизнес-модель: модули и подсистемы**

Для реновации существующих и строительства новых зданий в рамках концепции устойчивого развития можно предложить систему характеристик [6]. При этом также выделяются подсистемы и модули, специфические для каждого проекта.

*Энергетически пассивная подсистема управления зданием с модулями*

- фасад,
- активация компонентов.

*Подсистема отопления-охлаждения с модулями*

- использование ископаемых энергоносителей;
- термальное использование солнечной энергии;
- геотермика;
- использование биомассы.

*Подсистема электроэнергетики с модулями*

- теплоэнергетика, полигенерация;
- фотовольтаическое использование солнечной энергии;
- освещение;
- управление и автоматизация здания.

*Подсистема водоснабжения и водоотвода с модулями*

- обеспечение питьевой водой;
- обеспечение дождевой / технической водой;
- технические меры по экономии воды.

*Подсистема демонтажа с модулями*

- «гибкие» системы стен и пола;
- «гибкая» инженерия здания;
- легко демонтируемые напольные и настенные покрытия.

*Подсистема эксплуатационной инфраструктуры с модулями*

- компьютерное оборудование;
- телекоммуникационное оборудование.

В зависимости от проекта соответствующие модули и подсистемы отбираются и объединяются в систему, оптимальным образом удовлетворяющую потребностям клиента. Целью такого объединения является создание проектно-клиентской синергии, обеспечивающей оптимизацию здания.

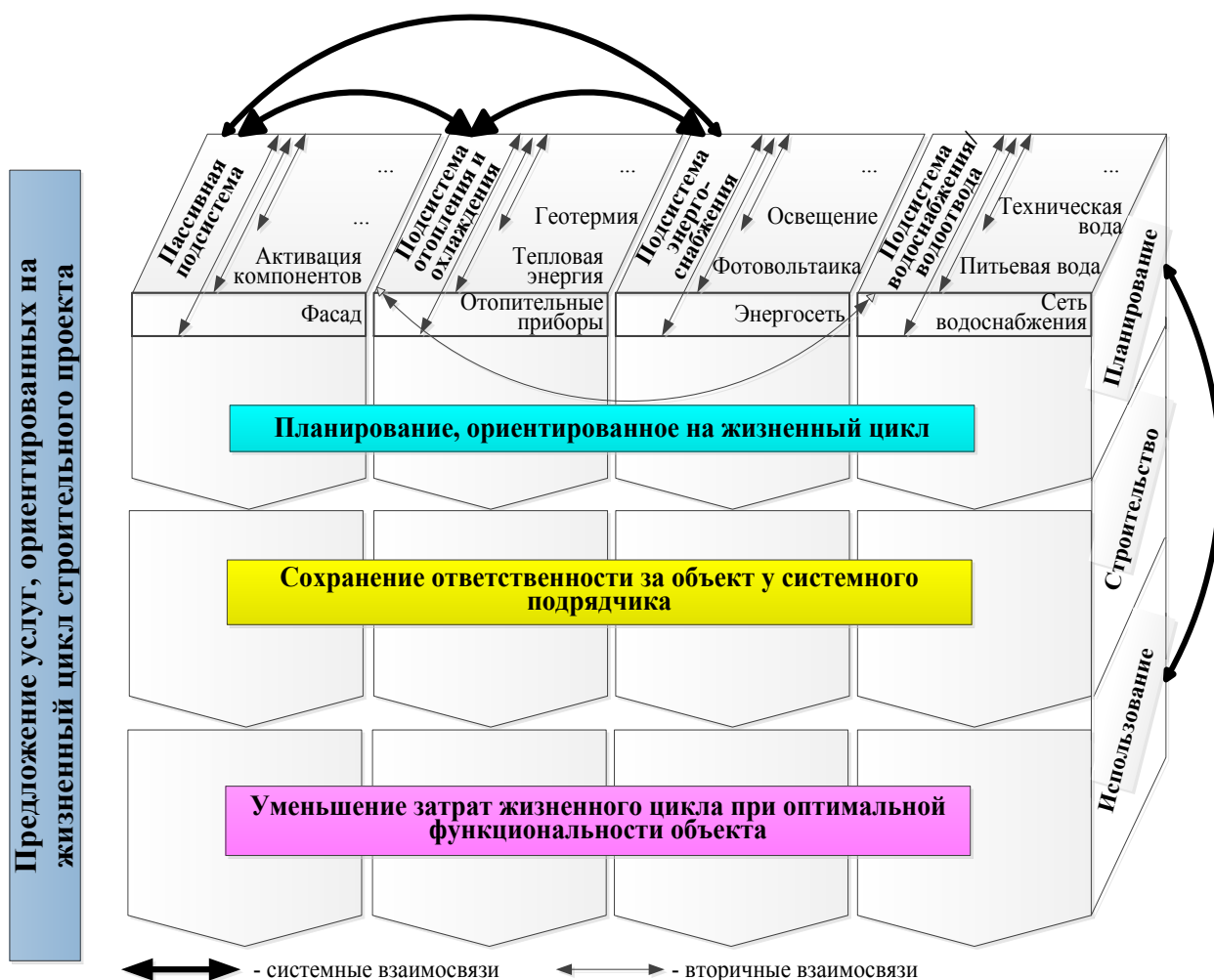


Рис. 1. Оптимизация предложения в строительной отрасли [4]

### Разработка бизнес-модели

Разработка бизнес-модель начинается с подготовительных работ, предусматривающих учет потенциала устойчивости. Модель ориентируется на стратегию эффективности. Для предоставления клиенту экологически устойчивого, оптимального решения изменяются все процессы проектирования, планирования и производства. Принципы устойчивости учитываются на всех этапах от начала проектирования до реализации операционных процессов. С учетом всех фаз жизненного цикла расширяется горизонт планирования. Для такого расширения необходима кооперация предприятий. Благодаря ей системный подрядчик, выступающий в качестве

руководящего и объединяющего звена специализированных предприятий (отвечающих за отопление, кондиционирование, вентиляцию, водоснабжение и водоотведение, электроснабжение, управление готовым объектом) может достичь необходимой синергии и построить устойчивое здание.

С помощью систематизированного учета выдвигаемых требований строители определяют потребности заказчика и соответствующие цели фаз производства и использования, влияющие на стоимость и качество строительного объекта. Раннее подключение заинтересованных сторон позволяет при планировании учесть требования заказчика, специальные знания строителей и



эксплуатационников, преобразовать разрозненные действия в синергетическое решение. Таким образом, клиент получает здание, оптимально удовлетворяющее его потребностям.

При согласованном проектировании, формировании подсистем и модулей достигается оптимум для клиента. Модули и подсистемы формирует системный подрядчик, с тем чтобы предложение ориентировалось на длительный жизненный цикл. Под руководством системного подрядчика подсистемы объединяются в инновационную, оптимальную для заказчика систему (т.е. осуществляется системная интеграция).

Участники кооперации выигрывают от сотрудничества по нескольким направлениям. С одной стороны, они отличаются от других предприятий конкурентным преимуществом в виде предложения устойчивого здания, что способствует освоению новых сегментов рынка. Кроме того, кооперация малых и средних предприятий позволяет им участвовать в крупных проектах, которые они не смогли бы вести в одиночку. С другой стороны, кооперация позволяет использовать специальные знания из других областей или фаз строительства, особенно при взаимодействии в фазе использования здания. Участники кооперации могут постоянно совершенствовать свое предложение, а также внедрять собственные специальные знания в совокупное предложение. Кооперация дает шансы малым и средним предприятиям в конкурентной борьбе с единым подрядчиком за счет предложения совокупности услуг, направленных на удовлетворение индивидуальных потребностей клиента.

Для обеспечения соответствия цены и качества в рамках кооперации должны быть установлены правила,

обязательные для всех участников. Это необходимо для формирования доверия, без которого невозможна реализация дорогостоящих контрактов. К доверию нельзя принудить, оно требует механизма стимулирования и межорганизационной прозрачности. Создание нового системного предложения осуществляется постепенно, путем увеличения уровня интеграции и увеличения объема предоставляемых услуг.

Возможные ступени кооперации могут выглядеть следующим образом:

- первая ступень – фаза инициации – энергетическая кооперация на протяжении жизненного цикла посредством контрактов на устойчивое энергоснабжение;
- вторая ступень – инновационная фаза I – энергетическая оптимизация на протяжении жизненного цикла посредством создания «2000- ваттного здания»;
- третья ступень – инновационная фаза II – совокупная оптимизация жизненного цикла готового здания.

#### **Бизнес-модель: влияние на устойчивое развитие**

Ресурсная и эксплуатационная оптимизация зданий в рамках системного предложения, ориентированного на жизненный цикл, влияет на все измерения устойчивости.

##### *Влияние на экологию*

Во всех фазах жизненного цикла (проектирование/планирование, строительство, демонтаж) оптимизируется материало- и энергопотребление.

##### *Влияние на экономику*

Изменение парадигмы от анализа капиталовложений к анализу совокупных затрат жизненного цикла ведет к целостному учету всех фактических затрат.

*Влияние на социальную сферу*

Анализ жизненного цикла интегрирует внешние природные и антропогенные требования к архитектуре, а также внутренние требования к комфорту и экономичности использования. Тем самым обеспечиваются оптимальные условия работы или проживания.

**Список использованной литературы**

1. Дорохина Е.Ю. Методология управления рисками проектно-ориентированного предприятия (на примере предприятия строительной отрасли): диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. Санкт-Петербург, 2011.
2. Дорохина Е.Ю., Харченко С.Г. Подходы к измерению устойчивости // Науки о Земле. 2017. Т. 7. № 1. С. 61-68.
3. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva. – Режим доступа: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_synthesis\\_report.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm) (дата обращения 04.10.2017)
4. Girmscheid G., Lunze D. Nachhaltig optimierte Gebäude. Energetischer Baukasten, Leistungsbündel und Life-Cycle-Leistungsangebote. Berlin: Springer, 2010.
5. Kirchner A., Hofer P., Kemmler A., et al. Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2006 nach Verwendungszwecken, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2007.
6. Lunze, D. Analyse der Voraussetzungen für Life-Cycle-Leistungen in der Bauwirtschaft. Dissertation 19292, ETH Zürich, 2010.
7. Schmid, U. Ökologisch nachhaltige Unternehmenspolitik. In: Dyckhoff, H. (Ed.): Umweltmanagement. Zehn Lektionen in umweltorientierter Unternehmensführung. Berlin: Springer. 2000.
8. World Commission on Environment and Development, 1987.

**References**

1. Dorokhina E.Yu. Metodologiya upravleniya riskami proektno-orientirovannogo predpriyatiya (na primere predpriyatiya stroitel'noj otrasli): dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora ehkonomicheskikh nauk / Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet ehkonomiki i finansov. Sankt-Peterburg, 2011.
2. Dorokhina E.YU., Kharchenko S.G. Podhody k izmereniyu ustojchivosti // Nauki o Zemle. 2017. T. 7. № 1. S. 61-68.
3. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_synthesis\\_report.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm) [04.10.2017]
4. Girmscheid G., Lunze D. Nachhaltig optimierte Gebäude. Energetischer Baukasten, Leistungsbündel und Life-Cycle-Leistungsangebote. Berlin: Springer, 2010.
5. Kirchner A., Hofer P., Kemmler A., et al. Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2006 nach Verwendungszwecken, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2007.
6. Lunze, D. Analyse der Voraussetzungen für Life-Cycle-Leistungen in der Bauwirtschaft. Dissertation 19292, ETH Zürich, 2010.
7. Schmid, U. Ökologisch nachhaltige Unternehmenspolitik. In: Dyckhoff, H. (Ed.): Umweltmanagement. Zehn Lektionen in umweltorientierter Unternehmensführung. Berlin: Springer. 2000.
8. World Commission on Environment and Development, 1987.



## THE NEW BUSINESS MODEL AS A WAY TO CONSTRUCTION ENTERPRISE SUSTAINABLE DEVELOPMENT

<b><i>Dorokhina E.Yu.</i></b>	<b><i>Kharchenko S.G.</i></b>
Dr. Sci., Assistant Professor, Plekhanov Russian University of Economics	Dr.Sci., Professor, RANEPА
<b>Address:</b> 36, Stremyanniy lane, Moscow, 115093, Russia <b>E-mail:</b> <a href="mailto:elena.dorokhina@mail.ru">elena.dorokhina@mail.ru</a>	<b>Address:</b> 82, Building 1, Prospect Vernadskogo, Moscow, 119571, Russia <b>E-mail:</b> <a href="mailto:kharchenko.sg@rea.ru">kharchenko.sg@rea.ru</a>

**Abstract:** *The article is devoted to the new business model that ensures the sustainable development of construction enterprises. The limitation and constant growth in the use of energy carriers lead to increase in the building maintenance cost. The consequences of using fossil fuels on the environment also can't be underestimated. The main principle of environmentally sustainable production functioning is the preservation of ecological systems safety. Along with increasing efficiency in industry and transport it is necessary to change the behavior of each consumer concerning newly constructed and modernized buildings. The so-called "sustainability strategies" serve the achievement of environmentally sustainable development. The content of the cost-effective, efficiency and consistency strategies is considered in the article and the ways they lead to sustainable business activity are substantiated. In the construction industry the most acceptable is the cost-effective strategy. Within the concept of sustainable development, a system of characteristics is proposed for the renovation of existing objects and construction of new buildings, in which subsystems and modules which are specific for each project are identified. A system contractor acting as a chief and consolidator of specialized enterprises can achieve the necessary synergy through cooperation.*

**Keywords:** *sustainable development, business model, system building contractor.*

© Дорохина Е.Ю., Харченко С.Г., 2017