

ISSN-1682-0533

Научно-Техническое Общество «КАХАК»

# ИЗВЕСТИЯ

Научно-Технического Общества «КАХАК»

2016, № 3 (54)

Алматы, 2016

# ИЗВЕСТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА «КАХАК»

Алматы, 2016 г., № 3 (54)

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Пак И.Т.** – заслуженный деятель науки и техники РК,  
доктор технических наук, профессор

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Бияшев Р.Г.** – доктор технических наук, профессор; **Кан В.М.** – доктор сельскохозяйственных наук; **Ким Н.Х.** – кандидат технических наук, профессор; **Мукашев Б.Н.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК; **Мун Г.А.** – доктор химических наук, профессор, *заместитель главного редактора*; **Сон Э.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН (Москва, РФ); **Цой О.Г.** – доктор медицинских наук, профессор; **Цой С.В.** – доктор технических наук, профессор; **Khatskevich V.Kh.** – доктор технических наук, профессор (Нью-Йорк, США); **Kim Byung-Soo** – PhD (Сеул, Республика Корея); **Park Kinam** – PhD, профессор (Уэст Лафайетт, США); **Ю В.К.** – доктор химических наук, профессор, *ответственный секретарь*, **Югай О.К.** – кандидат химических наук, *зам. ответственного секретаря*.

## EDITOR-IN-CHIEF

**Pak I.T.** - Honored Worker of Science and Technology of Kazakhstan,  
Doctor of Technical Sciences, professor

## THE EDITORIAL BOARD:

**Biyashev R.G.** – Doctor of Technical Sciences, professor; **Kan V.M.** – Doctor of Agricultural Sciences; **Kim N.Kh.** – Candidate of Technical Sciences, professor; **Mukashev B.N.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, NAS RK academician; **Mun G.A.** – Doctor of Chemical Sciences, professor, *Deputy Chief Editor*; **Son E.E.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation), **Tsoy O.G.** – Doctor of Medical Sciences, professor; **Tsoy S.V.** – Doctor of Technical Sciences, professor; **Khatskevich V.Kh.** – Doctor of Technical Sciences, professor (New-York, USA); **Kim Byung-Soo** – PhD (Seoul, Republic of Korea); **Park Kinam** – PhD, professor (West Lafayette, USA); **Yu V.K.** – Doctor of Chemical Sciences, professor, *Managing Editor*; **Yugay O.K.** – Candidate of Chemical Sciences, *Deputy Managing Editor*

**Учредитель:** Научно-техническое общество «КАХАК»

Издается с 1998 г.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 1561-ж от 3 ноября 2000 г.

Выдано Министерством культуры, информатики и общественного согласия Республики Казахстан

**Подписной индекс:** 74838

Подписку можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта».

Подписка продолжается в течение года.

**Адрес редколлегии и редакции:**

050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 125, к. 108.

телефон 8-(727)-2727902, 2916069

e-mail: [izv.ntokahak@mail.ru](mailto:izv.ntokahak@mail.ru)

Сайт: [www.ntokahak.kz](http://www.ntokahak.kz)

ISSN-1682-0533

## ХИМИЯ

УДК 546.22+547+661

### СИНТЕЗ АРИЛОКСИПРОПИНАМИНОВ И ИХ ДИТИОКАРБАМИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Акимбаева Н.О.<sup>1</sup>, Ануарбекова И.Н.<sup>1</sup>, Саурбаева Б.С.<sup>2</sup>, Ержанов К.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,

Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

e-mail: akimbaeva@mail.ru

Изучена реакционная способность 1-(проп-2-инилокси)фенола и п-Cl-1-(проп-2-инилокси)фенола в условиях реакции Манниха. Синтезированы аминометилированные производные феноксипропинов: 1-(фенокси)-4-пропиламинобут-2-ин, 1-(п-хлорфенокси)-4-пропиламинобут-2-ин, 1-(фенокси)-4-бутиламинобут-2-ин, 1-(п-хлорфенокси)-4-бутиламинобут-2-ин. Разработаны условия синтеза дитиокарбаматов на основе арилоксипропинаминов. Реакцию взаимодействия 1-(фенокси)-4-алкиламинобут-2-инов с сероуглеродом проводили в присутствии гидроксида натрия в среде безводного спирта при комнатной температуре. Синтезированы дитиокарбаминовые производные: N-(4-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия, N-(4-п-Cl-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия, N-(4-феноксипропил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия, N-(4-п-Cl-феноксипропил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия. Строение синтезированных соединений подтверждено данными ИК-, ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C спектроскопии.

**Ключевые слова:** феноксипропин, аминометилирование, дитиокарбамат, флотореагент, спектроскопия.

Манних реакциясы жағдайында 1-(проп-2-инилокси)фенол және 1-(проп-2-инилокси)-п-хлорфенолдың реакциялық қабілеттілігі зерттелген. Аминметилденген феноксипропин туындылары синтезделген: 1-(фенокси)-4-пропиламинобут-2-ин, 1-(п-хлорфенокси)-4-пропиламинобут-2-ин, 1-(фенокси)-4-бутиламинобут-2-ин, 1-(п-хлорфенокси)-4-бутиламинобут-2-ин. Арилоксипропин негізінде дитиокарбаматтарды синтездеу жағдайлары жасалған. 1-(Фенокси)-4-алкиламинобут-2-индерді күкіртті көміртектен әрекеттесу реакциясы натрий гидроксиді қатысында сусыз спирт ортасында бөлме температурасында жүргізілген. Дитиокарбамин туындылары синтезделген: N-(4-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия, N-(4-п-Cl-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия, N-(4-феноксипропил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия, N-(4-п-Cl-феноксипропил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия. Синтезделген қосылыстардың құрылысы ИҚ, ЯМР <sup>1</sup>H және <sup>13</sup>C спектроскопия мәліметтерімен дәлелденген.

**Тірек сөздер:** феноксипропин, аминметилдеу, дитиокарбамат, флотореагент, спектроскопия.

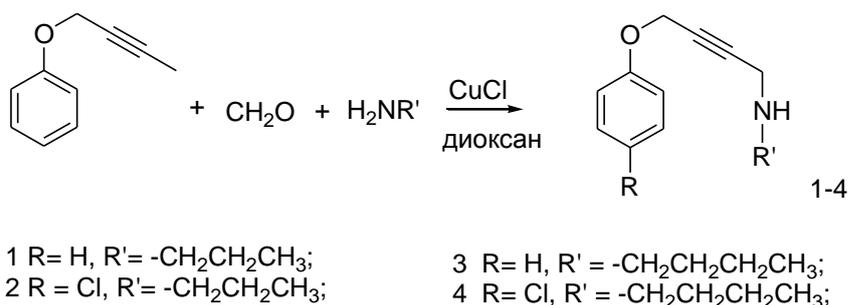
The reactivity of 1-(prop-2-ynoxy)phenol and 1-(prop-2-ynoxy)-p-chlorophenol under Mannich reaction conditions was studied. Aminomethylated derivatives of phenoxypropyne: 1-(phenoxy)-4-propylaminobut-2-yne, 1-(p-chlorophenoxy)-4-propylaminobut-2-yne, 1-(phenoxy)-4-butylaminobut-2-yne, 1-(p-chlorophenoxy)-4-butylaminobut-2-yne were synthesized. Synthesis conditions of dithiocarbamates on the basis aryloxypropynamines were developed. The interaction reaction of 1-(phenoxy)-4-alkylaminobut-2-ines with carbon disulfide was carried out in the presence of sodium hydroxide in an anhydrous alcohol at

room temperature. Dithiocarbamated derivatives: Sodium *N*-(4-phenoxybut-2-ynyl)-*N*-propylaminodithiocarbamate, sodium *N*-(4-*p*-chlorophenoxy-2-ynyl)-*N*-propylaminodithio-carbamate, sodium *N*-(4-phenoxybut-2-ynyl)-*N*-butylaminodithiocarbamate, sodium *N*-(4-*p*-chlorophenoxybut-2-ynyl)-*N*-butylaminodithio-carbamate were synthesized. Structures of the synthesized compounds were established based on the IR, <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectroscopic data.

**Key words:** phenoxypropyne, aminomethylation, dithiocarbamate, flotation agent, spectroscopy.

Развитие химии сероорганических соединений в Республике Казахстан является актуальным, что обусловлено наличием огромных сырьевых ресурсов в виде элементарной серы – отхода нефтехимических производств и необходимостью создания новых химических технологий и наукоемких производств, основанных на использовании этого сырья. Применение серы в органическом синтезе одна из интереснейших и многообещающих перспектив в развитии нефтехимической отрасли Казахстана [1–3].

С целью установления реакционной способности арилоксипропинов в условиях реакции Манниха изучено взаимодействие феноксипропина и *n*-Cl-феноксипропина с пропил-, бутиламинами. Аминометилирование 1-(проп-2-инилокси)фенола и 1-(проп-2-инилокси)-*n*-хлорфенола проводили в диоксане в присутствии каталитических количеств однохлористой меди при температуре 60–65 °С. В качестве вторичных аминов были использованы пропиламин и бутиламин.



В результате реакции выделены в виде масел 1-(фенокси)-4-пропиламинобут-2-ин **1** (выход 76 %), 1-(*n*-хлорфенокси)-4-пропиламинобут-2-ин **2** (выход 84 %), 1-(фенокси)-4-бутиламинобут-2-ин **3** (выход 71 %), 1-(*n*-хлорфенокси)-4-бутиламинобут-2-ин **4** (выход 78 %)

Аналитические характеристики полученных 1-(фенокси)-4-алкиламинобут-2-инов **1–4** приведены в таблице 1.

В ИК спектре соединений **1–4** (таблица 2) присутствует интенсивная полоса поглощения при 2021-2221 см<sup>-1</sup>, характерная для валентных колебаний ацетиленовой связи, валентные колебания N–H группы проявляются в области 3300-3304 см<sup>-1</sup>. В области  $\nu$  3200 см<sup>-1</sup> отсутствует интенсивная полоса поглощения группы  $\equiv\text{C}-\text{H}$ , что подтверждает протекание реакции с участием ацетиленового водорода.

В спектре ПМР протоны ароматического кольца в виде мультиплета резонируют при 7,15, 6,90, 7,37, 6,88 м.д., сигналы аминометиленовых протонов проявляются при 3,50, 3,41, 3,45, 3,41, м.д. (триплет), оксиметиленовых протонов в области 4,77, 4,69, 4,80 4,68 м.д. Данные спектров ПМР подтверждают строение полученных соединений.

Таблица 1 – Аналитические данные соединений (1–8)

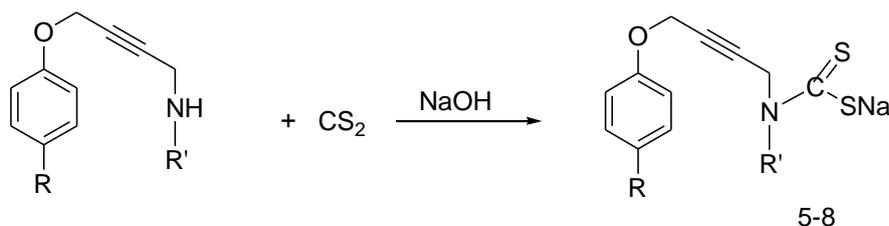
| № соед. | Выход, % | Т.пл./ (Т.кип.), °С | R <sub>f</sub> | Найдено, %<br>Вычислено, % |                     |                     |                       |                     | Брутто формула  |
|---------|----------|---------------------|----------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---|
|         |          |                     |                | C                          | H                   | N                   | S                     | Na                  |   |
| 1       | 76       | масло               | 0,63           | <u>75,05</u><br>76,81      | <u>7,39</u><br>8,43 | <u>5,83</u><br>6,89 | –                     | –                   | C <sub>13</sub> H <sub>17</sub> NO                    |
| 2       | 84       | масло               | 0,62           | <u>65,18</u><br>65,68      | <u>6,74</u><br>6,78 | <u>4,90</u><br>5,89 | –                     | –                   | C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> NCIO                  |
| 3       | 71       | масло               | 0,61           | <u>76,55</u><br>77,38      | <u>9,07</u><br>8,81 | <u>5,95</u><br>6,45 | –                     | –                   | C <sub>14</sub> H <sub>19</sub> NO                    |
| 4       | 78       | масло               | 0,56           | <u>66,85</u><br>66,79      | <u>7,15</u><br>7,21 | <u>5,12</u><br>5,56 | –                     | –                   | C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> NCIO                  |
| 5       | 35       | 81–83               | 0,70           | <u>56,90</u><br>55,79      | <u>5,30</u><br>5,35 | <u>4,31</u><br>4,65 | <u>20,03</u><br>21,28 | <u>7,58</u><br>7,63 | C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> ONS <sub>2</sub> Na   |
| 6       | 40       | 80–83               | 0,67           | <u>49,83</u><br>50,07      | <u>4,02</u><br>4,50 | <u>4,11</u><br>4,17 | <u>18,89</u><br>19,09 | <u>6,32</u><br>6,58 | C <sub>14</sub> H <sub>15</sub> NCIOS <sub>2</sub> Na |
| 7       | 30       | 74–77               | 0,68           | <u>56,50</u><br>57,12      | <u>4,80</u><br>5,75 | <u>4,15</u><br>4,44 | <u>19,03</u><br>20,33 | <u>6,80</u><br>7,29 | C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> NOS <sub>2</sub> Na   |
| 8       | 42       | 76–79               | 0,63           | <u>50,44</u><br>51,49      | <u>4,75</u><br>4,90 | <u>3,71</u><br>4,00 | <u>18,14</u><br>18,33 | <u>6,55</u><br>6,57 | C <sub>15</sub> H <sub>17</sub> NCIOS <sub>2</sub> Na |

Таблица 2 – Данные ИК спектров синтезированных соединений (1–8)

| № соед. | Ph                             | C≡C  | N–H  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> | C=S  | C–S |
|---------|--------------------------------|------|------|---------------------------------|------|-----|
| 1       | 3062, 3040;<br>1598, 1494, 691 | 2212 | 3300 | 2960–2872                       | –    | –   |
| 2       | 3095-3071<br>1588, 1490, 679   | 2210 | 3300 | 2963–2873                       | –    | –   |
| 3       | 3063, 3041;<br>1598, 1494, 691 | 2021 | 3304 | 2957–2871                       | –    | –   |
| 4       | 3096, 3041;<br>1597, 1494, 691 | 2221 | 3304 | 2957–2871                       | –    | –   |
| 5       | 3094                           | 2271 | –    | 2961–2872                       | 1005 | 866 |
| 6       | 3093                           | 2127 | –    | 2958–2866                       | 1004 | 864 |
| 7       | 3063                           | 2070 | –    | 2957–2867                       | 1005 | 864 |
| 8       | 3083                           | 2070 | –    | 2970–2927                       | 1006 | 867 |

В спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединений 1-4 в сильнополюной области наблюдается химический сигнал с  $\delta$  56,42, 56,07, 56,37, 52,80 м.д., который относится к химическому сдвигу углерода при  $\text{CH}_2\text{O}$  связи. Сигналы в области 80,08, 79,77, 79,12, 80,02 м.д. соответствуют химическим сигналам углеродов  $\text{C}\equiv\text{C}$  связи.

Для получения натриевых солей алкинилксантогенатов, потенциальных флотореагентов, изучена реакция взаимодействия 1-(фенокси)-4-алкиламинобут-2-инов 1-4 с сероуглеродом в присутствии гидроксида натрия в среде безводного спирта при комнатной температуре, получены соответствующие кристаллические продукты.



В результате реакций получены N-(4-феноксибут-2-инил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия **5**, N-(4-*n*-Cl-феноксибут-2-инил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия **6**, N-(4-феноксибут-2-инил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия **7**, N-(4-*n*-Cl-феноксибут-2-инил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия **8**.

Аналитические характеристики синтезированных соединений **5-8** приведены в таблице 1. Структура производных дитиокарбаматов установлена с помощью данных ИК спектроскопии.

В ИК спектрах дитиокарбаматов **5-8** в области 3094-3393  $\text{cm}^{-1}$  присутствует полоса поглощения, характерная для валентных колебаний фенольного радикала. Валентные колебания  $\text{C}\equiv\text{C}$  связи проявляются в области 2070-2271  $\text{cm}^{-1}$ . Полоса поглощения валентных колебаний  $\text{C}=\text{S}$  группы присутствует в области 1004-1006  $\text{cm}^{-1}$ . В области 864-867  $\text{cm}^{-1}$  присутствует полоса поглощения  $\text{C}-\text{S}$  связи. Отсутствие полосы поглощения  $\text{N}-\text{H}$  группы свидетельствует о протекании реакции по аминной группе.

*Экспериментальная часть.* **1-(фенокси)-4-пропиламинобут-2-ин 1.** В трехгорлую круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником, механической мешалкой и капельной воронкой, вносили 3 г (0,02 моль) феноксипропина в 5 мл диоксана, добавляли 0,5 г свежеприготовленной хлористой меди ( $\text{Cu}^{+1}$ ), 1,02 г (0,035 моль) параформа и нагревали смесь до 70 °С при перемешивании. Затем по каплям добавляли 1,18 мл (0,02 моль) пропиламина в 5 мл диоксана. Реакционную смесь перемешивали в течение 6 ч. Контроль за ходом реакции осуществляли с помощью тонкослойной хроматографии на пластинках «Силуфол UV-254» (элюент – бензол). После исчезновения пятна исходного феноксипропина на хроматограмме, реакционную смесь разлагали раствором водного аммиака (10 мл), экстрагировали бензолом. Бензольный экстракт сушили над прокаленным поташом, затем растворитель отгоняли в вакууме. Остаток растворяли в бензоле и наносили

на колонку с  $Al_2O_3$ , элюент - бензол. Получали 3,52 г 1-(фенокси)-4-пропиламинобут-2-ина в виде маслянистой жидкости, выход 76 %,  $R_f = 0,63$ .

В аналогичных условиях взаимодействием 3 г (0,018 моль) *n*-Cl-феноксипропина с 0,5 г свежеприготовленной хлористой меди ( $Cu^{+1}$ ), 0,81 г (0,027 моль) параформа и 1,06 мл (0,018 моль) пропиламина получали 84% 1-(*n*-хлорфенокси)-4-пропиламинобут-2-ина **2** в виде масла,  $R_f = 0,62$ .

В аналогичных условиях взаимодействием 3 г (0,02 моль) феноксипропина с 0,5 г свежеприготовленной хлористой меди ( $Cu^{+1}$ ), 1,02 г (0,035 моль) параформа и 2,24 мл (0,02 моль) бутиламина получали 71 % 1-(фенокси)-4-бутиламинобут-2-ина **3** в виде масла,  $R_f = 0,61$ .

В аналогичных условиях взаимодействием 3 г (0,018 моль) *n*-Cl-феноксипропина с 0,5 г свежеприготовленной хлористой меди ( $Cu^{+1}$ ), 0,81 г (0,027 моль) параформа и 1,31 мл (0,018 моль) бутиламина получали 78 % 1-(*n*-хлорфенокси)-4-бутиламинобут-2-ина **4** в виде густого масла,  $R_f = 0,56$ .

**N-(4-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия 5.** В трехгорлую круглодонную колбу вносили 1 г (0,004 моль) 1-(фенокси)-4-пропиламинобут-2-ина **2** растворенного в 10 мл спирта. При температуре реакционной смеси  $-5^{\circ}C$  добавляли 0,18 г (0,004 моль) гидроксида натрия в 0,5 мл дистиллированной воде. После 10-15 минут перемешивания в реакционную колбу по каплям добавляли 0,29 мл (0,004 моль) сероуглерода и при комнатной температуре перемешивали в течение 1,5 часа. Затем из реакционной смеси отгоняли спирт, оставшийся осадок промывали бензолом. В результате получали N-(4-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия **5** в виде коричневых кристаллов с температурой плавления  $81-83^{\circ}C$ . Выход 0,46 г (35 %).

Аналогично получали N-(4-*n*-Cl-феноксипропил)-N-пропиламинодитиокарбамат натрия (40 %) **6**, N-(4-феноксипропил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия (30%) **7**, N-(4- *n*-Cl-феноксипропил)-N-бутиламинодитиокарбамат натрия (42%) **8**.

#### Литература:

1. Калугин С.Н. Химия и технология получения флотореагентов. – Алматы: Қазақ университеті, 2014. – 230 с.
2. Viser S.A., Sycheva Y.S., Kurmankulov N.B., Yerzhanov K.B., Dembitsky V.M. – Acetylenes, allenes and cumulenes in the synthesis of heterocycles and the natural bioactive metabolites. – Almaty, 2009. – 360 p.
3. Шарипов А.Х. Получения сероорганических соединений из природного углеводородного сырья // Нефтехимия. – 2004. – Т.44, №1. – С.3–11.

Поступила 1 сентября 2016 г.

УДК 661.183:622.831

## ВЛИЯНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРГУМИНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Аккулова З.Г., Амирханова А.К., Жакина А.Х., Мулдахметов З.М.,  
Василец Е.П., Кудайберген Г.К., Арнт О.В.

*Институт органического синтеза и углехимии, Караганда, Республика Казахстан  
e-mail: akkul@inbox.ru*

*Разработаны методы синтеза полимергуминоминеральных нанокomпозитов, основанные на применении горелой породы Карагандинского угольного бассейна в качестве мезопористой матрицы путем иммобилизации на ее пористой поверхности полимерных комплексов гуминовых соединений с многостенными углеродными нанотрубками в условиях ультразвукового диспергирования и микроволнового нагрева. Изучено влияние состава породы, природы и концентрации гуминового компонента, концентрации углеродной нанотрубки и извлекаемого иона металла, вида физического воздействия на сорбционные свойства нанокomпозиций. Проведено также изучение сорбции ионов металлов новыми композитами из трехкомпонентных растворов. Проведенными исследованиями показано, что введение в состав породы многостенных углеродных нанотрубок в условиях ультразвуковой и микроволновой активации позволяет повысить сорбционные свойства изучаемых композиций по отношению к ионам тяжелых металлов в сравнении с немодифицированными породами. Предположено, что эффект повышения поверхностной активности и сорбционных свойств нанокomпозитов связан с диспергированием и равномерным распределением углеродных нанотрубок в композиции, а также протекающими в системе сонолитическими реакциями окисления поверхности нанотрубок, приводящих к накоплению на их поверхности сорбционно-активных кислородсодержащих групп. Полученные нанокomпозиты представляют собой материалы, состоящие из активированных алюмосиликатов, на поверхности которых сформирован устойчивый привитый слой активного полимергуминового комплекса с равномерно распределенными окисленными многостенными углеродными нанотрубками. Алюмосиликатная матрица обеспечивает высокую скорость установления сорбционного равновесия, низкую вымываемость и высокую химическую стойкость гуминовых компонентов в массе горелой породы. Нанокomпозиты, полученные без МУНТ, УЗО и МВИ, показывают более низкие величины сорбции.*

**Ключевые слова:** сорбционные свойства, полимергуминоминеральные композиты, многостенные углеродные нанотрубки, ультразвук, микроволновое излучение.

*Ультрадыбысты және микротолқынды сәулелендіру жағдайында Қарағанды көмір бассейнінің кеуекті беткейіндегі матрицаның мезоқуыстарында полимерлі гуминді қосылыстар комплекстерінің көпқабатты көміртекті нанотүтікшелермен иммобилизациялау арқылы жанғыш жыныстарды қолданылуына негізделген полимергуминминералды нанокomпозиттердің синтезінің әдісі өңделді. Нанокomпозиттің сорбциялық қасиеттеріне жыныс құрамының, гуминді компоненттің табиғаты мен концентрациясының, көміртек нанотүтікшелердің және шығарылатын ион концентрациясының, физикалық әсердің түрінің әсері зерттелді. Сонымен қатар жаңа композиттердің үшкомпонентті ерітінділерден металл иондарын сорбциясы зерттелінді. Жүргізілген зерттеулер бойынша жыныс құрамын ультрадыбысты және микротолқынды*

сәулендіру жағдайында көпқабатты нанотүтікшелермен белсендіру зерттеліп отырған комплекстердің ауыр металл иондарын сорбциялау қасиеттерінің модификацияланған жыныстарға қарағанда жоғары екендігін көрсетті. Нанокомпозитердің сорбциялық қасиеттері мен беттік белсенділіктің жоғарлауы композиттегі көміртек нанотүтіктердің бірыңғай таралуы мен диспергирленумен, сонымен қатар жүйеде өтетін сорбциялық-белсенді оттеққұрамдас топтардың жиналуына әкелетін нанотүтіктердің беткейінің сонолитикалық тотығу реакцияларымен байланысты екендігі болжалды. Алынған нанокомпозиттер белсендірілген алюмосиликаттардан тұратын материалдар болып саналады, олардың беткейінде тотыққан бірқалыпты таралған көпқабатты көміртек нанотүтікшелер мен тұрақты ұластырылған белсенді полимергуминді комплексті қабаттардан құралған. Алюмосиликатты матрица сорбциялық тепе-теңдіктің орнатылуының жоғары жылдамдығын, судың төмен шайылуын және жанғыш жыныс массасында гуминді компоненттердің жоғары химиялық тұрақтылығын қамтамасыз етеді. ККНТ, УДС мен МТС-сіз алынған нанокомпозиттер сорбцияның төмен нәтижелерін көрсетеді.

**Тірек сөздер:** Сорбциялық қасиеттері, гумин минералды нанокомпозиты, көп қабатты көміртекті нанотүтікшелердің, ультрадыбыстық, микротолқынды радиациялық.

*We have developed methods of polymer humic mineral nanocomposites synthesis based on use of the Karaganda coal deposit rock as mesoporous matrix and with the help of immobilization of polymer complexes of humic compounds with multiwall carbon nanotubes on its porous surface in conditions of dispersing and microwave heating. The study was conducted on the influence of rock composition, nature and concentration of humic component, concentration of carbon nanotubes and metal ion being extracted and type of physical exposure on sorption characteristics of nanocomposites. We have also studied metal ions sorption in three-component solution using new composites. The research conducted have shown that multiwall carbon nanotubes introduction in the rock in conditions of ultrasound and microwave activation helps to improve sorption characteristics of the composites under consideration in regard to heavy metal ions in comparison with rock not modified. We have suggested that effect of surface activity and sorption characteristics improvement is due to dispersing and homogeneous distribution of carbon nanotubes in the composite as well as due to sonolysis oxidation reactions of their surfaces, which leads to accretion of sorption active oxygen-containing groups. Nanocomposites produced are materials consisting of activated aluminum silicate, on the surface of which a stable grafted layer of polymer humic complex with homogeneously distributed oxidized multiwall carbon nanotubes is formed. Aluminum silicate matrix provides high speed of sorption balance recovery, low leachability and high level of reagent resistance of humic components in burnt rock. Nanocomposites produced without MWCNT, ultrasound or microwave exposure show lower levels of sorption.*

**Keywords:** Sorption properties, humin mineral nanocomposites, multi-walled carbon nanotubes, ultrasound, microwave radiation.

В настоящее время отмечается высокий неослабевающий интерес к углю, как ценнейшему и неисчерпаемому источнику органического сырья. Важное место среди них занимают исследования в области химии гуминовых веществ. В разные периоды развития науки гуминовые вещества вызывали и продолжают вызывать острейший интерес, как соединения, имеющие высокий потенциал реакционной способности и как соединения, имеющие практическую ценность во многих отраслях народного хозяйства. Они относятся к числу наиболее эффективных природных сорбентов-комплексобразователей, однако имеют ряд эксплуатационных недостатков. Для преодоления этих недостатков в Институте органического синтеза и углехимии РК проводится целенаправленная модификация гуминовых веществ и поиск новых эффективных методов придания им механической

прочности, гидrolитической устойчивости, низкой вымываемости и улучшения ряда других характеристик.

Одним из перспективных новых неорганических материалов для повышения качества гуминовых сорбентов являются отходы угледобычи Карагандинского угольного бассейна. К ним относятся вмещающие породы, извлекаемые на поверхность при добыче угля и горелые породы, образовавшиеся в результате самообжига их в терриконах, отходы углеобогащения. Утилизация таких отходов и разработка методов получения на их основе промышленно важной продукции в регионе актуальна. Особенно важным для решения ряда экологических проблем региона является разработка на их основе новых сорбционных материалов.

Ранее нами впервые была показана эффективность использования вмещающей и горелой пород в качестве укрепляющей минеральной матрицы для гуминовых сорбентов, позволяющей повысить их химическую и гидrolитическую устойчивость при одновременном повышении сорбционной способности. Показано, что на минеральной поверхности формируется и стабилизируется слой гуминового вещества в наноразмерном состоянии [1–4]. Методами электронной микроскопии доказано существование гуминовых кислот в виде наночастиц размером в пределах 2–5 нм, которые ассоциируются до кластеров и являются идеальными кандидатами для получения наноструктур [5–6]. Неорганические отходы угольного производства представляют «нанореакторы», готовые к производству наноматериалов.

Новым перспективным направлением повышения сорбционной емкости сорбентов в настоящее время считается модифицирование их углеродными материалами [7–17]. Рядом исследований последних лет отмечено, что углеродные нанотрубки (УНТ) являются основой для получения новых композиционных наноматериалов различного назначения. Широкий спектр их применения основан на уникальных механических, электрических, термических, сорбционных и других свойствах УНТ. Наиболее эффективно выражены эти свойства при включении нанотрубок в матрицы различных материалов. Так, известны работы последних лет по включению углеродных нанотрубок в фенолоформальдегидные, эпоксидные и полиэфирные смолы, полиэтилен, полиолефины, полианилины, полисульфоны и другие полимеры, что приводит к появлению у полученных композитов новых физико-химических свойств. Ввиду высокой стоимости УНТ их применяют в виде нанодобавок к материалам.

Уникальные особенности нанотрубок связаны с их поверхностной структурой и высокими сорбционными свойствами. Опубликованы работы по сорбции ионов металлов из разбавленных растворов на углеродных нанотрубках [9–17].

Многие работы СНГ в области нанотехнологии связаны с использованием в своих исследованиях углеродного материала «Таунит», производимого ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов). Модификация активированного угля Таунитом позволяет значительно повысить его сорбционные свойства [8,11,14, 15].

Процессы ионообменной сорбции металлов с участием УНТ и УНВ могут использоваться в процессах очистки природных и сточных вод от вредных примесей, умягчения воды, разделения и концентрирования металлов, в технологических схемах гидromеталлургической переработки сырья, получения композитов, катализаторов. Было установлено, что сорбционные свойства УНТ возрастают при его окислении [11,12]. Сорбционная способность окисленных УНТ увеличивается с ростом концентрации карбоксильных групп на его поверхности и с увеличением рН водной фазы. Окисленные УНТ были предложены для извлечения и концентрирования ионов тяжелых металлов из водных растворов [13–15].

Целью настоящего исследования явилось получение полимергуминоминеральных сорбентов с многостенными углеродными нанотрубками в их составе в условиях ультразвуковой и микроволновой активации и изучение влияния МУНТ и волновых воздействий на сорбционные характеристики полученных нанокомпозитов.

Для работы использованы многостенные углеродные нанотрубки «Таунит» производства ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов). МУНТ представляет собой порошок черного цвета, с размером гранул 1–300 мкм и является гидрофобным и малотоксичным веществом. По электронно-микроскопическим исследованиям (рисунок 1) углеродные нанотрубки представляют собой нитевидные образования поликристаллического графита, преимущественно цилиндрической формы. Наружный диаметр составляет 20–70 нм, внутренний диаметр 5–10 нм. Длина на несколько порядков превышает диаметр и составляет 3–10 мкм, удельная поверхность трубок – 120 м<sup>2</sup>/г, общий объем примесей – 1 %, насыпная плотность – 0,4–0,6 г/см<sup>3</sup>, термостабильность до 600 °С.

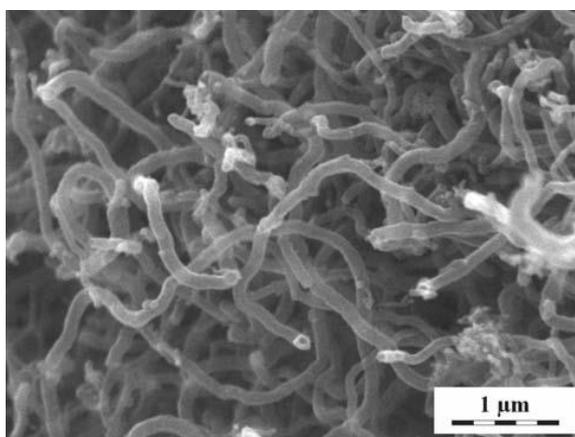


Рисунок 1 – Микрофотография многостенных углеродных нанотрубок (сканирующий электронный микроскоп Евразийского национального университета)

Изучаемые горелые породы ГП представляют собой отходы угледобычи Карагандинского каменноугольного бассейна. По данным рентгенофазового анализа они являются алюмосиликатами и представлены минералами кварца, полевых шпатов, гематита и кристобалита (или муллита). Породы достаточно прочны и химически устойчивы.

Активированные формы пород были получены путем пропиткой их растворами карбоната калия (ГПк) или фосфата натрия (ГПф) с последующим высушиванием.

Гуминовые кислоты извлечены щелочной экстракцией из окисленных углей Шубаркольского месторождения с выходом 80 %. Они содержат достаточный набор кислородсодержащих функциональных групп (до 6 мг-экв/г) и способны к образованию химических и водородных связей с поверхностными гидроксильными группами породы и к ионному обмену и комплексообразованию с ионами натрия и калия, кальция и железа в междоузлиях кристаллической решетки минералов горелой породы.

Получение гуминоминеральных композитов с повышенной прочностью, водостойкостью и сорбционной активностью осуществлены путем иммобилизации на поверхности горелых пород гумата натрия или полимерных комплексов крахмала с гуматом натрия (Кр-ГNa), гуминовой кислотой (Кр-ГК) или аминокуминовой кислотой (Кр-АГК) с последующим внедрением в состав смеси многостенных углеродных нанотрубок.

Выбор крахмала в качестве полимера для получения композита обусловлен его дешевизной, доступностью, водорастворимостью и способностью к образованию с гуматом натрия прочных и нерастворимых сорбентов, обладающих синергетической сорбционной активностью при малых дозах гуминовой компоненты в составе сорбента [18].

Получение гуминоминеральных сорбентов проводилось в несколько этапов следующим образом. Вначале получены активированные формы горелой породы (ГПк и ГПф) путем пропитки горелой породы 0,05 молярным раствором карбоната калия или фосфата натрия с последующим высушиванием и термообработкой его при 150–250 °С. Подготовленные породы (размером 0,5 мм) смешивали с водной смесью полимерного комплекса крахмала с гуминовым соединением, затем с МУНТ и при Т:Ж = 1:50 проводили ультразвуковую или микроволновую обработку в течение 5 мин. Высушенные осадки подвергали термообработке при 150 °С в течение часа.

Сорбционные характеристики исследованы для следующих полимергуминоминеральных сорбентов: ГПа-Кр-ГNa, ГПа-Кр-ГК, ГПа-Кр-АГК, где ГПа - горелая порода активированная карбонатом калия или фосфатом натрия.

Ультразвуковую обработку водной суспензии смеси компонентов проводили на лабораторной установке ИЛ 100-6/2, с частотой 22 кГц в течение 5 мин с последующим высушиванием при 100–120 °С и термообработкой при 150 °С. в течение часа. Микроволновую обработку композитных смесей проводили в видоизмененной бытовой микроволновой печи при 70 Вт в течение 5 минут.

Известно, что ультразвук и микроволновое излучение оказывают значительное воздействие на скорость и направление протекания различных гетерогенных реакций. Они являются наиболее удобными, доступными и эффективными методами воздействия на свойства и структуру ряда объектов.

При действии ультразвука компоненты изучаемых смесей: углеродные нанотрубки, порода, крахмал и гуминовые компоненты диспергируются и равномерно распределяются в смеси. Предположено, что под действием образующихся при сонолизе воды перекиси водорода, кислорода и гидроксильных радикалов возможны реакции окисления поверхности МУНТ, крахмала и гуминовых соединений. Накопление кислородсодержащих групп в системе под действием волновой энергии будет способствовать повышению поверхностной активности и сорбционных свойств композитов. Микроволновое излучение способствует повышению сорбции в среднем в 1,1–1,8 раз, что связано с равномерным нагревом и образованием внутренних пор в нанокompозите. При совместном действии УЗО (МВИ) и МУНТ сорбционно-активные структуры формируются в короткий срок. Методы МВИ и УЗО являются более экономичными, чем термические.

Влияние МУНТ и физических воздействий на процессы получения полимергуминоминеральных композитов оценено по результатам изучения сорбционных характеристик композитов методом комплексонометрии. Полученные результаты исследования по ионам меди и никеля приведены в таблицах 1, 2.

Сорбционные характеристики модифицированных форм горелой породы колеблются в пределах 20,1–99,5 % в зависимости от концентрации соли, метода воздействия, природы и концентрации гуминового компонента и полимерной добавки, способа модификации. Степень привеса гуминового компонента на поверхности ГП по данным дериватографии составляет 40-100 мг/г.

По данным таблицы 1, более высокие сорбционные свойства отмечены для составов ГП : КР : Гум=5:2,5:1 с большим содержанием гуминового компонента – основного поставщика

сорбционной активности. Отмечено также, что сорбционная активность возрастает в ряду гуминовых компонентов сорбентов: ГК < ГNa < АГК. Более предпочтителен из активаторов породы – карбонат калия, обеспечивающий более высокую сорбцию ионов никеля или меди.

По данным таблицы 1 следует также вывод, что совместное действие МУНТ с УЗО при получении полимергуминовых нанокомпозитов более эффективно, чем применение МУНТ с микроволновым излучением. При отсутствии углеродных нанотрубок, УЗО и МВИ сорбция по ионам меди и никеля значительно снижается. Данные по сорбционным свойствам нанокомпозитов при извлечении ионов никеля и меди одного порядка.

Таблица 1 – Сравнительные сорбционные характеристики нанокомпозиций различного состава в зависимости от природы иона металлов, активатора породы, волнового действия и содержания МУНТ для 0,02 н растворов солей меди и никеля.

| [Cu <sup>2+</sup> ] = 0,02 моль/л; ГПа : КР: Гум = 5:1:0,2 мас.ч.; 0,3 % МУНТ |                |           |               |           | Без МУНТ |        |
|---|----------------|-----------|---------------|-----------|----------|--------|
| Композит  | Карбонат калия |           | Фосфат натрия |           | карбонат | фосфат |
|   | МУНТ, УЗО      | МУНТ, МВИ | МУНТ, УЗО     | МУНТ, МВИ |          |        |
| ГПа–Кр–ГNa  | 74,3           | 64,1      | 69,2          | 84,8      | 59,0     | 53,5   |
| ГПа–Кр–ГК   | 66,7           | 64,0      | 60,8          | 64,0      | 51,3     | 35,9   |
| ГПа–Кр–АГК  | 84,6           | –         | 78,2          | 30,8      | –        | 25,6   |
| [Ni <sup>2+</sup> ] = 0,02 моль/л; ГПа : КР: Гум = 5:1:0,2 мас. ч; 0,3 % МУНТ |                |           |               |           | Без МУНТ |        |
| ГПа–Кр–ГNa  | 79,3           | 69,0      | 70,7          | 62,0      | 62,4     | 45,1   |
| ГПа–Кр–ГК   | 89,6           | 60,0      | 81,6          | 55,5      | 53,4     |        |
| ГПаКр–АГК   | 79,3           | –         | 67,8          | 51,7      | –        | 38,6   |
| [Cu <sup>2+</sup> ] = 0,02 моль/л; ГПа : КР: Гум = 5:2,5:1 мас.ч.; 0,1 % МУНТ |                |           |               |           | Без МУНТ |        |
| ГПа–Кр–ГNa  | 99,5           | 97,4      | 99,8          | 92,3      | 59,0     | 53,6   |
| ГПа- Кр–АГК   | –              | –         | 64,0          | 58,9      | –        | 25,6   |

В таблице 2 показано влияние концентрации соли металла на сорбционные свойства изучаемых составов. Из данных таблицы 2 следует, что максимальное насыщение наносорбентов ионами происходит при концентрации соли 0,02 моль/л. С повышением концентрации растворов соли сорбция ионов снижается в 1,3-3,0 раза. Достаточно высокие показатели сорбции для сорбента состава ГПа–Кр–Гум 5:1:0,2 с низким содержанием гумата обусловлены существованием гумата в полимерном комплексе КР-гумат в наноразмерном более активном состоянии [17].

Представлялось целесообразным проведение изучения сорбционной эффективности полученных полимергуминоминеральных композитов при извлечении ионов металлов из более сложных растворов. Для исследования приготовлен модельный раствор, состоящий из солей никеля, меди и кобальта общей концентрации 0,02 моль/л.

Для извлечения ионов металлов из раствора трех солей исследованы нанокомпозиты с углеродными нанотрубками и без них, а также представлены результаты исследования сорбции ионов металлов исходной породой и ее активированной формой. Полученные результаты исследования представлены в таблице 3. Концентрацию ионов металлов в

исходных и равновесных растворах определены методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Сорбцию проводили при соотношении сорбент : сорбат Т:Ж =1:50.

Таблица 2 – Влияние нанодобавки МУНТ, природы и состава композита, активатора породы и концентрации соли металла на сорбционные свойства полимергуминоминеральных композитов

| [Cu <sup>2+</sup> ], моль/л; ГПа:КР:Гум=5:1:0,2; 0,3 % МУНТ |                             |                |          |               |          |
|---|-----------------------------|----------------|----------|---------------|----------|
| Композит  | [Cu <sup>2+</sup> ], моль/л | Карбонат калия |          | Фосфат натрия |          |
|   |                             | МУНТ УЗО       | МУНТ МВИ | МУНТ УЗО      | МУНТ МВИ |
| ГПа–Кр-ГNa  | 0,02                        | 74,3           | 64,1     | 69,2          | 84,8     |
|   | 0,04                        | 47,4           | 42,3     | 34,3          | 28,9     |
|   | 0,08                        | 28,5           | 24,0     | 21,4          | 16,1     |
| ГПа-Кр-ГК   | 0,02                        | 66,7           | 64,0     | 60,8          | 45,8     |
|   | 0,04                        | 41,0           | 24,0     | 39,0          | 16,2     |
|   | 0,08                        | 35,4           | 16,8     | 22,5          | 10,9     |
| ГПа-Кр-АГК  | 0,02                        | 84,6           | –        | 78,2          | 30,8     |
|   | 0,04                        | 51,2           | –        | 49,2          | 18,4     |
|   | 0,08                        | 29,1           | –        | 24,5          | 12,0     |
| [Cu <sup>2+</sup> ], моль/л; ГПа:КР:Гум=5:2,5:1; 0,1 % МУНТ |                             |                |          |               |          |
| ГПа–Кр-ГNa  | 0,02                        | 99,5           | 97,4     | 99,8          | 92,3     |
|   | 0,04                        | 77,4           | 66,6     | 90,0          | 78,2     |
|   | 0,08                        | 63,2           | 34,8     | 47,5          | 50,0     |
| ГПа–Кр-АГК  | 0,02                        | –              | –        | 64,0          | 58,9     |
|   | 0,04                        | –              | –        | 45,2          | 33,3     |
|   | 0,08                        | –              | –        | 31,5          | 18,9     |

Для извлечения ионов металлов из раствора трех солей исследованы нанокompозиты с углеродными нанотрубками и без них, а также представлены результаты исследования сорбции ионов металлов исходной породой и ее активированной формой. Полученные результаты исследования представлены в таблице 3. Концентрацию ионов металлов в исходных и равновесных растворах определены методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Сорбцию проводили при соотношении сорбент:сорбат Т:Ж=1:50.

Как видно из таблицы 3, сорбционные свойства изученных сорбентов возрастают в ряду:



Таблица 3 – Влияние природы сорбента на очистку модельного раствора от ионов металлов

| Модельный<br>раствор,<br>мг/л |       | ГП   |          | ГПк   |          | ГПк-ГNa-МУНТ<br>(5:1:0,3) |              | ГПк-Кр-ГК<br>(5:1:0,2) |              | ГПк-Кр-ГК-МУНТ<br>(5:1:0,2: 0,3) |              |
|-------------------------------|-------|--|----------|-------|----------|---------------------------|--------------|------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
|                               |       | Концентрация равновесного раствора $C_p$ , мг/л и сорбция $\alpha$ , % |          |       |          |                           |              |                        |              |                                  |              |
|                               |       | $C_p$  | $\alpha$ | $C_p$ | $\alpha$ | $C_p$                     | $\alpha$     | $C_p$                  | $\alpha, \%$ | $C_p$                            | $\alpha, \%$ |
| Cu                            | 116,2 | 108,30   | 6,8      | 18,8  | 83,87    | 2,32                      | <b>98,00</b> | 0,36                   | 99,69        | 0,36                             | <b>99,70</b> |
| Ni                            | 168,5 | 163,68   | 2,9      | 141,9 | 15,78    | 56,64                     | <b>66,39</b> | 89,80                  | 46,72        | 33,78                            | <b>79,96</b> |
| Co                            | 229,6 | 223,21   | 2,8      | 198,2 | 13,66    | 83,43                     | <b>63,66</b> | 134,7                  | 41,32        | 61,77                            | <b>73,10</b> |

Наибольшей сорбционной способностью обладают сорбенты с углеродными нанотрубками в структуре сорбента. Сорбция для композитов с МУНТ колеблется в пределах 63,66–99,70 %. Сорбционная активность композитов достигнута при небольших дозах гумата в композите. Преимущества полученных гуминовых сорбентов на основе горелой породы с МУНТ в отличие от гумата: не растворимы в воде, термоустойчивы, прочны, обладают высокой сорбционной способностью к ряду ионов металлов в небольших дозах гумата.

Таким образом, успешно реализован метод синтеза полимергуминоминеральных нанокомпозитов, основанный на применении горелой породы в качестве мезопористой матрицы и на иммобилизации в ее пористую структуру полимерных комплексов гуминовых соединений с многостенными углеродными нанотрубками в условиях ультразвукового диспергирования и микроволнового нагрева. Полученные модификации полимергуминоминеральных нанокомпозитов обладают более высокими сорбционными свойствами по ионам металлов в сравнении с исходной и активированной породой, а также повышенными прочностью, водо- и термоустойчивостью.

Предположено, что эффект повышения поверхностной активности и сорбционных свойств нанокомпозитов связан с диспергированием и равномерным распределением углеродных нанотрубок в композиции, а также протекающими в системе сонолитическими реакциями окисления поверхности нанотрубок, приводящих к накоплению на их поверхности сорбционно-активных кислородсодержащих групп. Также возможно повышение содержания кислотных групп в композите при окислении крахмала и гуминовых соединений в выбранных условиях. Полученные нанокомпозиты представляют собой материалы, состоящие из активированных алюмосиликатов, на поверхности которых сформирован устойчивый привитый слой активного полимергуминового комплекса и равномерно распределены многостенные углеродные нанотрубки с кислотными группами. Алюмосиликатный носитель и его активная поверхность обеспечивает высокую скорость установления сорбционного равновесия, низкую вымываемость и высокую химическую стойкость гуминовых компонентов в массе горелой породы. Нанокомпозиты, полученные без МУНТ, УЗО и МВИ, показывают более низкие величины сорбции.

#### Литература:

1. Амирханова А.К., Аккулова З.Г. Кинетика активации вмещающих пород угольных шахт и сорбция ионов металлов на их модифицированных поверхностях // Изв. НТО «Кахак». – 2008. – №3 (22). – С. 24–29.

2. Аккулова З.Г., Амирханова А.К., Жакина А.Х., Утегенова А.С. Исследование сорбционных свойств отходов угледобычи // Изв. НАН РК, сер. хим. – 2008. – № 3. – С.23–26.
3. Амирханова А.К., Аккулова З.Г., Жакина А.Х., Садыкова О.В., Кудайберген Г.К. Получение и исследование новых гуминоалюмосиликатных наносорбентов на основе горелых пород угольных шахт // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Наука и образование в Центральном Казахстане». – Караганда: Изд. ИОСУ РК, 2013. – С. 202–208.
4. Akkulova Z.G., Amirchanova A.K., Zhakina A.Ch., Kudaibergen G.K., Sadykova O.V., Vasilets E.P. Nanosorbents on the basis waste coal // XV International scientific conference «High-tech in chemical engineering –2014». – Москва, 2014. – P. 24.
5. Каюгин А.А., Журавский Д.В. Наноморфология адсорбционного слоя гуминовых кислот на поверхности каолинита // Вестник Тюменск. госуд. университета. – 2009. – №6. – С.267–269.
6. Rosa A.H., Vicente A.A., Rocha J.C. A new application of humic substances: activation of supports for invertase immobilization // Fresenius J. Anal. Chem. - 2002. – Vol. 368. – P. 730-733
7. Томишко М. М., Демичева О. В., Алексеев А. М., Томишко А. Г, Многослойные углеродные нанотрубки и их применение // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. ЛП, № 5 – С.46–50
8. Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение // Матер. I междунар. науч.-практ. конф. «Школа молодых ученых». – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2015. – 84 с.
9. Собгайда Н. А., Финаенов А.И. Новые углеродные сорбенты для очистки воды от нефтепродуктов // Экология и промышленность России. ЭКиП. – 2005. – Декабрь. – С. 8–10.
10. Кучерова А.Е., Бураков А.Е., Герасимова Ю.А., Заикин А.С., Ящишина О.О. Углеродные нанотрубки – модификаторы активированных углей, применяемых для очистки водных сред // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития. Тамбов. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2012. – Вып. 3. – С. 91–94.
11. Мансурова И.А., Копалина О.Ю., Бурков А.А., Дурнев Е.А., Гаврилов К.Е., Козулин Д.А. Определение химии поверхности углеродных нанотрубок «ТАУНИТ МД», подвергнутых процессу озонирования, с помощью комплекса физико-химических методов анализа // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9 –8. – С. 1726–1731.
12. Дьячкова Т.П. Влияние модификации функционализированными углеродными трубками на свойства полисульфона // Фундаментальные исследования. – 2013. – №8. – С.1081–1091.
13. Руссова Н.В., Асташкина А.А., Лысенко О.В. Углеродные сорбенты как перспективные материалы для удаления тяжелых металлов из водных сред // Вестник Санкт-Петербург. Государст. универс. технологии и дизайна. Серия I. Естественные и технические науки. – 2013. – № 4. – С. 7–11.
14. Дедков Ю.М., Петренко Д.Б. Сравнительное исследование углеродного наноматериала «Таунит» и активного угля как сорбентов для извлечения ионов редкоземельных металлов из водных растворов // Вестник КазНУ, серия химия. – 2010. – №4 (60). – С. 128–129.
15. Казакова Т.А., Дедков Ю.М. Наноуглеродный материал «Таунит» как сорбент для В (III) // Вестник КазНУ, серия химия. – 2010. – №4 (60). – С. 200–203.
16. Климов Е.С., Бузаева М.В., Давыдова О.А. Изменение поверхности и некоторых технологических свойств углеродных нанотрубок при их модифицировании // Башкирский химический журнал. – 2014. – Т. 21. – № 3. – С. 109–113.
17. Амирханова А.К., Аккулова З.Г., Валитов Д.А. Крахмал-гуматные комплексы // Известия НТО «Кахак». – 2010. – №3 (28). – С.15–19.

*Поступила 2 сентября 2016 г.*

УДК 666+546.18

## СИНТЕЗ ВОЛЛАСТОНИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ХРИЗОТИЛ АСБЕСТА

Арынов К.Т.<sup>1</sup>, Ауешов А.П.<sup>2</sup>, Вернер В.Ф.<sup>2</sup>, Ескибаева Ч.З.<sup>2</sup>,  
Даржанова Ф.П.<sup>2</sup>, Нуркеева А.Б.<sup>1</sup>, Маден Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт инновационных исследований и технологий, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,  
Республика Казахстан

e-mail: i\_technology@mail.ru, centersapa@mail.ru

*Исследован процесс синтеза игольчатого волластонита при использовании состава шихты (электротермофосфорный гранулированный шлак+аморфный кремнезем+сульфат натрия) с коэффициентом основности ( $CaO/SiO_2$ ) = 0,84. В электротермофосфорном шлаке – основном компоненте шлаковой шихты, содержание стекловидной фазы составляет 90%, кристаллической ~10%. Кристаллическая фаза представлена высокотемпературной формой волластонита – псевдоволластонитом  $\alpha-CaSiO_3$  и мелилитом  $Ca_2(Al, MgSi)Si_2O_7$ , а точнее акерманитовой разновидностью последнего. Сумма основных компонентов:  $CaO$  и  $SiO_2$ , доходит в этих шлаках до 85 %. Для исследования процесса минералообразования при синтезе волластонита сырцовые гранулы подвергнуты обжигу при температурах от 700 до 1100 °С с интервалом 50°С при экспозиции 1-1,5 часа.*

*Показано, что химический состав образующихся кристаллов волластонита изменяется в процессе термообработки как по содержанию основных оксидов ( $CaO$  и  $SiO_2$ ), так и по содержанию примесных оксидов, вносимых в шихту используемыми сырьевыми компонентами. При этом отличается изменение коэффициента основности ( $K_o$ ) кристаллов волластонита от 0,95 до 0,85.*

**Ключевые слова:** электротермофосфорный гранулированный шлак, аморфный кремнезем, синтез, электронномикроскопия, синтетический волластонит.

*Негіздік коэффициенті ( $CaO/SiO_2$ ) = 0,84 болатын шихтадан ине тәріздес волластонит алу үрдісі зерттелген. Шихта құрамында электротермофосфор шлағы, аморфты кремний тотығы және натрий сульфаты бар. Шлақты шихтаның негізгі құрамдас бөлігі – электротермофосфор қалдығында 10 % кристалды, 90 % шыны тәріздес фаза бар. Аталған кристалдық фаза воластониттің жоғары температурада пайда болатын түрі – псевдоволластонитпен  $\alpha-CaSiO_3$  және мелилитпен  $Ca_2(Al, MgSi)Si_2O_7$ , нақтырақ айтқанда акерманиттен тұрады. Бұл шлақтарда негізгі компоненттер  $CaO$  және  $SiO_2$ , олар 85 % құрайды. Волластонит синтезі барысында минерал пайда болу үрдісін зерттеу үшін бастапқы шикізат түйіршіктері 700-ден 1100 °С дейін күйдірілген. Әрбір 1,5 сағат мөлшерінде қыздыру температурасы 50°С-қа қөтеріліп отырылған.*

*Зерттеу барысында пайда болған волластонит кристалдарының химиялық құрамы өзгеріске ұшайтындығы анықталған. Бұл негізгі тотықтар мен ( $CaO$ ,  $SiO_2$ ) қатар қосалқы кірме тотықтарға да тән. Үрдіс барысында волластонит кристалдарының негіздік коэффициенті 0,85-0,95 аралығында өзгеретіндігі көрсетілген.*

**Тірек сөздер:** электротермофосфор шлағы, аморфты кремний тотығы, синтез, электрондық микроскоп, синтетикалық волластонит.

*Study of the process of synthesis of needle-like wollastonite using the following mixture (phosphoric pelletized slag+amorphous silica+sodium sulfate) with basicity factor ( $CaO/SiO_2$ ) of 0.84. The content of glassy phase in phosphoric slag (the basic component of the slag mixture) is 90 %, and the content of crystalline phase is ~10%. The crystalline phase is represented by a high temperature form of wollastonite – pseudowollastonite  $\alpha$ - $CaSiO_3$  and melilite  $Ca_2(Al, MgSi)Si_2O_7$ , namely akermanite type of the latter. The amount of basic components ( $CaO$  and  $SiO_2$ ) in such slags reaches 85%. Raw pellets are roasted at temperatures from 700 to 1100 °C at 50 °C step and exposition of 1–1.5 hours to study the process of mineral formation at wollastonite synthesis.*

*It has been demonstrated that chemical composition of formed wollastonite crystals is changing during thermal treatment both in terms of the content of basic oxides ( $CaO$  and  $SiO_2$ ) and content of impurity oxides entered to the mixture with raw components. The change of basicity factor ( $K_o$ ) of wollastonite crystals varies from 0.95 to 0.85.*

**Key words:** *pelletized phosphoric slag, amorphous silica, synthesis, electron microscopy, synthetic wollastonite.*

*Введение.* Высокая стоимость на мировом рынке волластонитового концентрата, получаемого обогащением редко встречающихся природных руд, ограничивает области его применения и обуславливает необходимость разработки технологий дешевого синтетического волластонита на основе техногенных отходов промышленности. Такими отходами являются шлаки фосфорного и металлургического производства, близких по составу к волластониту  $CaO \cdot SiO_2$ , уже прошедших термообработку и содержащих минимальное количество летучих и примесных оксидов [1,2].

В качестве корректирующего компонента к  $CaO$ -содержащему сырью, ряд исследователей, занимающихся синтезом волластонита [3–8], рекомендуют использование: диатомита, трепела, опоку, аморфного кремнезема или микрокремнезем ферросплавного и алюминиевого производства, для протекания химических реакций волластонитообразования в более короткие сроки.

Игольчатость формы кристаллов волластонита ( $\beta$ - $CaO \cdot SiO_2$ ) определяет его использование как микроармирующего наполнителя для повышения эксплуатационных свойств силикатных и композиционных материалов [9–11].

*Основная часть.* Аморфный кремнезем получен в лаборатории «Сапа» ЮКГУ им. М. Ауэзова из отходов асбестообогащительной фабрики (АОФ) ОАО «Оренбургские минералы» путем обработки сухих отходов АОФ 33 %-ной  $HCl$ , нагреванием и кипячением в течение 4 часов для образования нерастворимого осадка оксида кремния  $SiO_2 \cdot nH_2O$ , который затем отфильтровывали, промывали водой и высушивали. Химический состав полученного из отходов АОФ аморфного кремнезема (по массе):  $SiO_2$  88,91–92,64 %; примеси:  $MgO$  0,43–1,20 %;  $Fe_2O_3$  0,57–0,65 %;  $H_2O$  – до 5,50 % [6].

Сульфат натрия технический (масс. %):  $Na_2SO_4=97$ ;  $CaO=0,3$ ;  $SiO_2=0,1$ ;  $Al_2O_3=0,2$ ;  $MgO=0,2$ ;  $Fe_2O_3=0,01$ ;  $H_2O=2,1$ . Использован в качестве отбеливающей добавки для повышения белизны волластонита.

В электротермофосфорном шлаке – основном компоненте шлаковой шихты, содержание стекловидной фазы составляет 90 %, кристаллической ~10 %. Кристаллическая фаза представлена высокотемпературной формой волластонита – псевдоволластонитом  $\alpha$ - $CaSiO_3$  и мелилитом  $Ca_2(Al, MgSi)Si_2O_7$ , а точнее акерманитовой разновидностью последнего. Сумма основных компонентов:  $CaO$  и  $SiO_2$ , доходит в этих шлаках до 85 %.

В исследовании для оптимизации синтеза игольчатого  $\beta$ -волластонита принят состав шихты (электротермофосфорный гранулированный шлак+аморфный кремнезем+сульфат натрия) с коэффициентом основности  $(CaO/SiO_2)=0,84$ , являющегося оптимальным при использовании к шлаку в качестве корректирующего компонента добавки кварцевого песка [7].

Из продукта сухого помола смеси компонентов, после увлажнения молотой шихты, на шнековом прессе формовались гранулы (валюшки)  $\varnothing 6$ мм, длиной 20–25мм, которые подвергались естественной сушке при 25–40 °С в условиях складского хранения в течение 2-х суток для набора необходимой прочности и последующего обжига на синтетический волластонит.

Для исследования процесса минералообразования при синтеза волластонита сырьевые гранулы подвергнуты обжигу при температурах от 700 до 1100 °С с интервалом 50 °С при экспозиции 1–1,5 часа.

На рисунке 1 представлены результаты рентгенофазовых исследований изменения фазового состава гранулированной шихты в зависимости от температуры спекания (обжига). Как следует из рисунка 1, процессы минералообразования в шихте системы «фосфорный шлак-аморфный кремнезем» с сульфатной добавкой ( $Na_2SO_4$ ) характеризуются интенсивной кристаллизацией волластонита и акерманита в температурной области 740–800 °С, что согласуется с данными других исследователей [11,12].

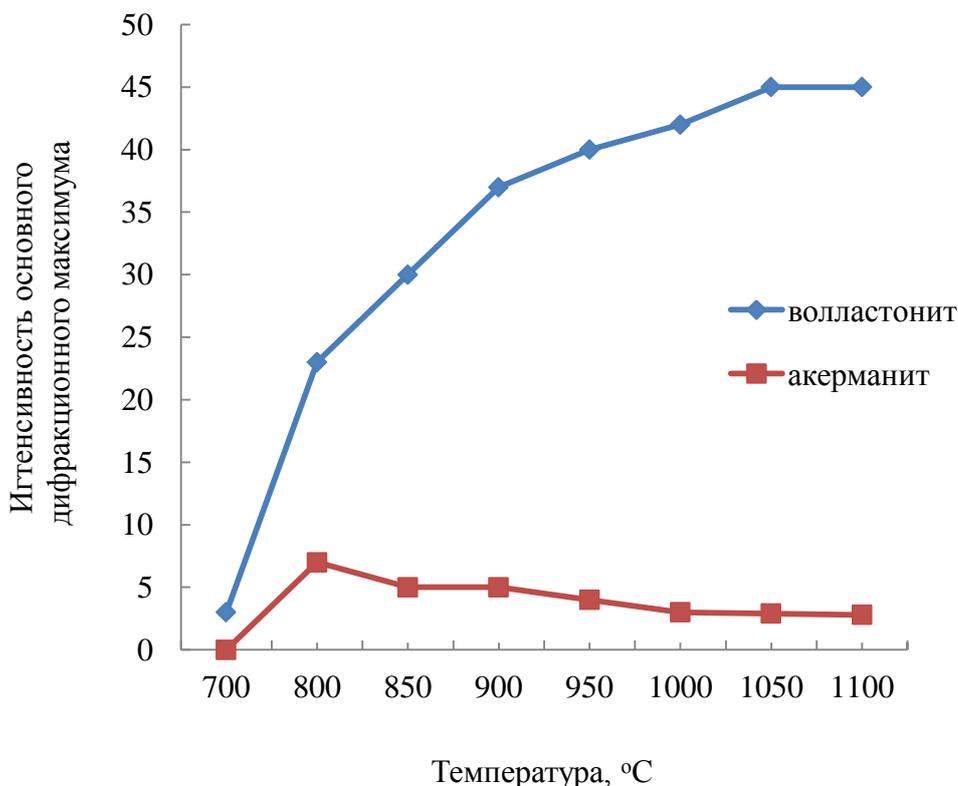
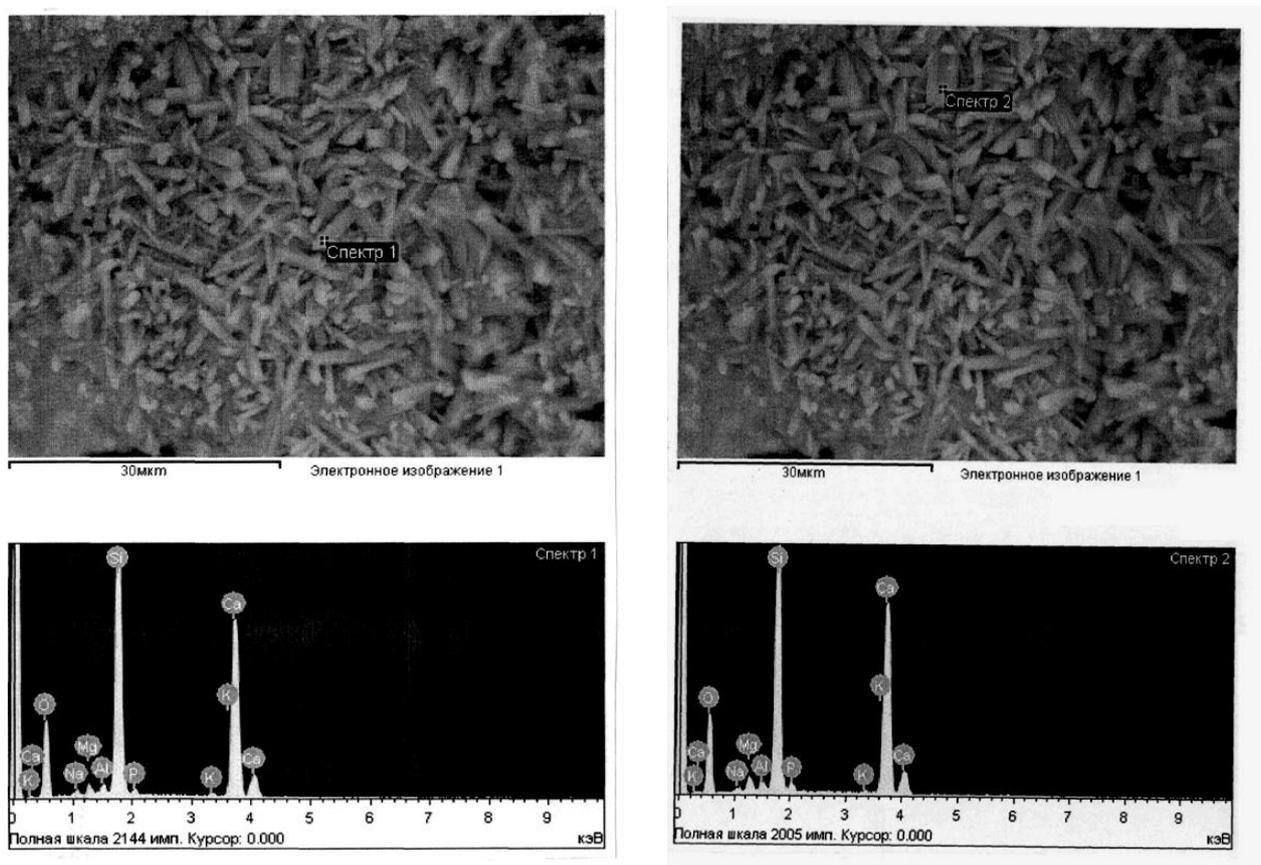


Рисунок 1 – Изменение фазового состава гранул из фосфорношлаковой шихты в зависимости от температуры обжига (спекания) при экспозиции 1–1,5 часа

При дальнейшем повышении температуры до 1050 °С интенсивность дифракционных максимумов β-волластонита непрерывно возрастает за счет разложения акерманита  $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$  на β-волластонит и жидкую фазу (расплав), а также химического взаимодействия кремнезема с расплавом, о чем свидетельствует снижение интенсивности дифракционных максимумов акерманита [7,9,13]. Дифракционные максимумы остаточного кремнезема на рентгенограммах не обнаружены из-за его полного расхода на образование волластонита.

Интенсификации вышеуказанных процессов способствует щелочная среда (присутствие в шихте  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) вследствие образования легкоплавких эвтектик с аморфным кремнеземом и со стекловидной фазой шлаков на ранней стадии термообработки шихты, в которой диссоциация  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  возможна при 530–600 °С, а образование эвтектической жидкой фазы при 740-865 °С [14–16].

На рисунках 2а и 2б представлена микроструктура продукта обжига и энергодисперсионный анализ двух кристаллов синтетического волластонита, полученная с использованием прибора JSM-6490LV, INCAEnergy 350.



а) Кристалл волластонита,  $K_0=0,85$ , мас. %:  
CaO – 42,48;  $\text{SiO}_2$ – 49,93

б) Кристалл волластонита,  $K_0=0,95$ , мас. %:  
CaO – 43,99;  $\text{SiO}_2$ – 46,7

Рисунок 2 – Микроструктура продуктов обжига (спекания) при 1000 °С с экспозицией 1–1,5 часа и энергодисперсионный анализ кристаллов синтетического волластонита 1 (спектр 1) и 2 (спектр 2)

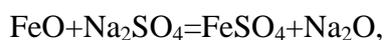
Электронномикроскопические исследования показали, что термическая обработка фосфорношлаковой шихты при 1000 °С обеспечивает более равномерную структуру по размеру кристаллов и преимущественный синтез в продукте обжига (спекания) микроигльчатого волластонита с длиной иголок 5–15 мкм (рисунок 2а и 2б).

Энергодисперсионным анализом установлено, что химический состав образующихся кристаллов волластонита изменяется в процессе термообработки как по содержанию основных оксидов (CaO и SiO<sub>2</sub>), так и по содержанию примесных оксидов, вносимых в шихту используемыми сырьевыми компонентами (рисунок 2а и 2б). Так, например, на одном сколе обожженной гранулы, спектру 1 кристалла волластонита отвечает коэффициент основности K<sub>о</sub>=0,85, а спектру 2 другого кристалла – коэффициент основности K<sub>о</sub>=0,95.

Одной из причин различия кристаллов волластонита по коэффициенту основности и содержанию примесных элементов может быть размер частиц шлака от совместного помола компонентов шихты, отличающихся твердостью по шкале Мооса (у шлака – 3,5–4; у аморфного кремнезема и сульфата натрия ~ 2). Крупные частицы шлака (~размером >30 мкм), при химическом взаимодействии их с эвтектическим расплавом аморфного кремнезема и щелочного компонента, образуют крупные зерна волластонита с более высоким K<sub>о</sub>. Мелкие частицы шлака (~менее 30 мкм) образуют игольчатый волластонит с меньшим K<sub>о</sub>, близким к K<sub>о</sub> шихты. На электронномикроскопических снимках структуры продукта обжига (спекания) при температуре >1050 °С отмечается изменение игольчатой структуры наиболее крупных кристаллов волластонита, образовавшихся первоначально, на желобчатую в результате появления выплавок от вытеснения примесных оксидов Na, Mg, Al, P в остаточную жидкую (стеклообразную) фазу.

Выход волластонита в продукте обжига составляет 92–94 %, остальное приходится на остаточный акерманит и стеклофазу; коэффициент белизны целевого продукта 89–92 % (по стеклу МС-14), что отвечает техническим условиям на волластонитовый концентрат [8].

Механизм отбеливающего действия сульфата натрия заключается в переводе содержащихся в шлаке и аморфном кремнеземе красящих примесей железа (FeS, FeO) в слабоокрашенные сульфиты и сульфаты (FeSO<sub>3</sub>, FeSO<sub>4</sub>), согласно реакций



протекающих в условиях слабо-окислительного обжига.

Таким образом, на основе данных рентгенофазовых и электронномикроскопических исследований установлено, что корректировка шлаковой шихты аморфным кремнеземом облегчает процесс волластонитообразования, смещая его в область более низких температур (950-1000 °С), и минимизирует количество примесных фаз при температурах устойчивого существования игольчатого волластонита. Однако, химический состав образующихся кристаллов волластонита могут изменяться в процессе термообработки по содержанию основных оксидов (CaO и SiO<sub>2</sub>) и иметь разное значение K<sub>о</sub>.

Установлено, что процессы минералообразования в фосфорношлаковой шихте характеризуются интенсивной кристаллизацией волластонита и акерманита в температурной области 750–800 °С. При дальнейшем повышении температуры до 1050 °С интенсивность дифракционных максимумов β-волластонита непрерывно возрастает за счет разложения акерманита Ca<sub>2</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub> на волластонит и жидкую фазу (расплав), а также химического

взаимодействия аморфного кремнезема с расплавом. Интенсификации вышеуказанных процессов способствует щелочная среда (присутствие в шихте  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), вследствие образования легкоплавких эвтектик со стекловидной фазой шлаков и аморфным кремнеземом на ранней стадии термообработки шихты при 740–865 °С.

**Литература:**

1. Инновационный пат. РК №21203. Способ получения волластонита. – 2009. Бюл. №5. – 4с.
2. Вернер В.Ф., Худякова Т.М. Исследование минералообразования в шлаковых шихтах для синтеза игольчатого волластонита / Труды МНПК «Развитие науки, образования и культуры независимого Казахстана в условиях глобальных вызовов современности», посвященной 70-летию ЮКГУ им. М. Ауэзова. – Шымкент, 2013. – С.88–92.
3. Брянова Н.Ф. Влияние условий гидротермального твердения на минеральный состав силикатного камня // Комплексное использование силикатного и минерального сырья. – Л.: Наука, 1970. – С.43–47.
4. Егорова С.В., Антипина С.А. Синтез волластонита с гидротермальной обработкой // Химия и химическая технология неорганических веществ и материалов. – Томск, 2006. – С.38–42.
5. Габриелян А.А., Бегларян А.А., Терзян А.М. Гидротермальный синтез  $\beta$ -волластонита на основе кремнезема, полученного из серпентинов // Химия и химическая технология неорганических веществ и материалов. – Ереван, 2012. – С.29–31.
6. Агунгов К., Каранова Р., Ауйешов А., Yeskibayeva Sh., Ramiyar K. Influence of the Nature of Mineral Acids Upon Serpentinite Decomposition // Industrial technology and engineering. – 2015. – №3(16). – P.36–43.
7. Вернер В.Ф., Бишимбаев В.К., Худякова Т.М. Физико-химические особенности кристаллизации фосфорношлаковых шихт при получении синтетического волластонита // Химия и химическая технология. – Т.55, вып.8. – Иваново, 2012. – С.68–72.
8. Блюджюс С.-Г.С., Кичас П.В. Некоторые данные о твердофазовых реакциях в системе  $\text{CaO-SiO}_2$  // Сб. трудов ВНИИ Теплоизоляция, вып.5. – Вильнюс, 1971. – С.228–249.
9. Петров В.П. Волластонит как минерал и полезное ископаемое // Волластонит. – М.: Наука, 1982. – С.5–15.
10. Обзор рынка волластонита в СНГ. – М.: ИнфоМайн, 2013. – 93с.
11. Чистяков Б.З. Перспективы использования волластонита // Волластонит. – М.: Наука, 1982. – С.15–27.
12. Бабушкин В.Н., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1965. – 352 с.
13. Shairer J.F., Yoder H.S., Tilley G.E. The High-Temperature Behavior of Synthetic Melilites in the Join Gelnite-Coda Melilito-Akermanite.–Carnegie Institute 1965–1966. Tear, Book 65, Jssued, 1966. – P.217–226.
14. Перельман В.И. Краткий справочник химика. – М.-Л.: Химия, 1964. – 302с.
15. Китайгородский И.И. Технология стекла. – М.: Госстройиздат, 1967. – 73с.
16. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов. – М.: Стройиздат, 1983. – С.109–110.

*Поступила 14 июня 2016 г.*

UTC 678.06:615.45

## DEVELOPMENT OF POLYMERIC FILMS WITH PROLONGED ANESTHETIZING ACTION

**Batyrbekov E. O.<sup>1</sup>, Dalabaeva N. M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*A.B. Institute of Chemical Sciences, Almaty, Republic of Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

*e-mail: erkeshbatyrbekov@mail.ru*

*The polymeric films with the prolonged anesthetizing action have been developed. Local anesthetics lidocaine and novocaine are used as drugs. The films are obtained by dissolving of polyvinyl alcohol solution of different concentration on the horizontal glass surface with their subsequent drying during 2-3 days. Kinetics of drug release from films in model biological environments is investigated. Drugs, evenly dissolved in polymeric matrix, is released by the mechanism of diffusion with rate reduction. Application of polymeric films provides the prolonged and controlled medical effect. Thus toxicity of preparations decreases, the number of introductions and their general quantity decreases by a course of treatment. The clinical tests of polymeric anesthetic films are conducted at treatment of pathology of periodontal diseases. Application of essentially new medicinal forms on the basis of polymeric films opens a new era in pain therapy.*

**Keywords:** *polymeric films, polyvinyl alcohol, lidocaine, novocaine, treatment, periodontal disease.*

*Емдік әсері ұзақ, ауруды сездірмейтін полимерлік қабыршақтар алынды. Ауруды сездірмейтін дәрі ретінде лидокаин және новокаин қолданылады. Қабыршақ үлгілері әртүрлі концентрациядағы поливинил спирт ерітіндісінің көлденең шыны бетке құйып, оны ары қарай 2-3 күн шамасында кептіру арқылы алынады. Анестетиктің қабыршақтан модельді биологиялық ортаға шығу кинетикасы анықталды. Полимерлі қалыпта бірыңғай еріген дәрілік заттар жылдамдықтың төмендеуімен диффузия механизмі бойынша модельді ортаға шығады. Полимерлік үлдірдің қолданысы ұзартылған және бақыланатын емдік нәтижені қамсыздандырады. Препараттың улағыштығы төмендетіледі, кіріспенің саны және ортақ олардың жалпы шипаның курсына азаяды. Қабынған түрдегі пародонт ауруын емдеуге арналған полимерлі ауруды сездірмейтін қабыршақтар клиникалық бақылаудан өткізілді. Принципті жаңа дәрілік түрлерін қолданысы полимерлік қабыршақтардың негізінде жасалған сезімсіздендіру терапиясында жаңажол ашады.*

**Тірек сөздер:** *полимерлі қабыршақтар, поливинил спирті, лидокаин, новокаин, емдеу, пародонт ауруы.*

*Разработаны полимерные пленки с пролонгированным анестезирующим действием. В качестве обезболивающих препаратов использованы местные анестетики лидокаин и новокаин. Образцы пленок получали поливом раствора поливинилового спирта различной концентрации на горизонтальную стеклянную поверхность с последующим их высушиванием в течение 2-3 суток. Исследована кинетика высвобождения препаратов из пленок в модельные биологические среды. Установлено, что лекарственные вещества, равномерно растворенные в полимерной матрице, высвобождаются в модельные среды по механизму диффузии с уменьшением скорости. Применение полимерных пленок обеспечивает пролонгированный и контролируемый лечебный эффект. Снижается токсичность препаратов, уменьшается число введений и общее их количество на курс лечения. Проведены клинические испытания полимерных обезболивающих пленок при лечении*

*патологии пародонта. Применение принципиально новых лекарственных форм на основе полимерных пленок открывает новую эру в терапии боли.*

**Ключевые слова:** полимерные пленки, поливиниловый спирт, лидокаин, новокаин, лечение, заболевания пародонта.

*Introduction.* Development of polymeric forms of anesthetizing drugs is actual problems of modern chemistry of medical polymer. The anesthetizing films found the greatest distribution in dental therapy, ophthalmology and treatment of wounds and burns. Such films when placing on mucous oral cavities are capable to release slowly anesthetizing drug, providing long local anesthesia. Film therapeutic system is obtained by dissolving polymer carrier and drug substance in common solvent, the resulting solution was poured onto substrate, heated and molded film by evaporation of solvent. The obtained film was cut into samples of the required size. The simplicity of this technological scheme is obviously, another advantage consists in the possibility of using a broad range of drugs. As materials for manufacture of film dosage forms use variety of synthetic and natural polymers [1,2]. To control the rate of release of drugs from medicinal films used either their limited permeability through polymer membrane (membrane systems), or slow diffusion of the drug dissolved in polymer matrix (solid system).

Dosage forms, traditionally used in therapeutic dentistry, have several disadvantages, the main of which can be attributed the short period of therapeutic action, the inability to ensure the sustainability concentration of drug in oral cavity, discomfort and duration of treatment. A promising direction is development new drug forms, capable of continuously release the drug in the local area, to have high adhesion to wet and hard tissues, to ensure dosing accuracy and constancy of concentration of drug for long time. Successful therapy of inflammatory periodontal diseases is only possible while maintaining constant concentration of drug long time within the ideal "therapeutic corridor" between the lower borders of toxic and effective concentrations [3-6].

An example of adhesive mucosal dosage form is medicinal films obtained on the basis of biocompatible polymers. Medical films containing various pharmacological drugs are already used in dental practice. Prolonged effect in such films is achieved by immobilization of local anesthetics on various polymeric carriers. Application of essentially new medicinal forms on the basis of polymeric films opens new era in pain therapy.

The aim of this work is the development polymeric films with prolonged anesthetizing action. Kinetics of local anesthetic release from films in model biological environments is discussed.

*Materials and methods.* Local anesthetics lidocaine and novocain were used pharmaceutical grade purity. Polyvinyl alcohol (PVA) with MM 70 000 company "Aldrich" (USA) was used without further purification. Polymer films were obtained from the corresponding solution of polymer and drug substance by evaporation of the solvent (water). Amount of 10,0 % PVA in distilled water kept on magnetic stirrer at 80°-90°C until complete dissolution. After obtaining homogeneous solution it cooled to room temperature and was added a calculated amount of substance of lidocaine. After mixing the resulting solution was poured onto a glass substrate and dried in the box, installed horizontally level, at room temperature to constant weight. Received dosage form had the appearance of thin elastic transparent film, which with the help of die cut standard discs with a diameter of 0.45-0.5 cm or squares with thickness of 0.2-0.5 mm. The calculation of dose of drug was carried out at the minimum dose.

The release of drug from polymer samples was studied under conditions *in vitro* at 37°C with help of the UV-spectroscopy. Spectra were recorded in quartz cuvette with thickness of 1 cm at spectrophotometer "Specord UV-VIS" (Japan).

*Results and discussion.* Polyvinyl alcohol represents considerable interest as drug carrier in developing the anesthetizing films. This polymer has been widely used in medicine as plasma substitutes, stabilizer for suspensions, film-forming agent for capsules and tablets, component of ointment [7]. The medical films on the basis of PVA containing different doses of anesthetic drug lidocaine are developed. The effect of various physical-chemical factors on the process of drug release in model biological environment is studied. Dependence of lidocaine release at various drug loading is presented in figure and table.

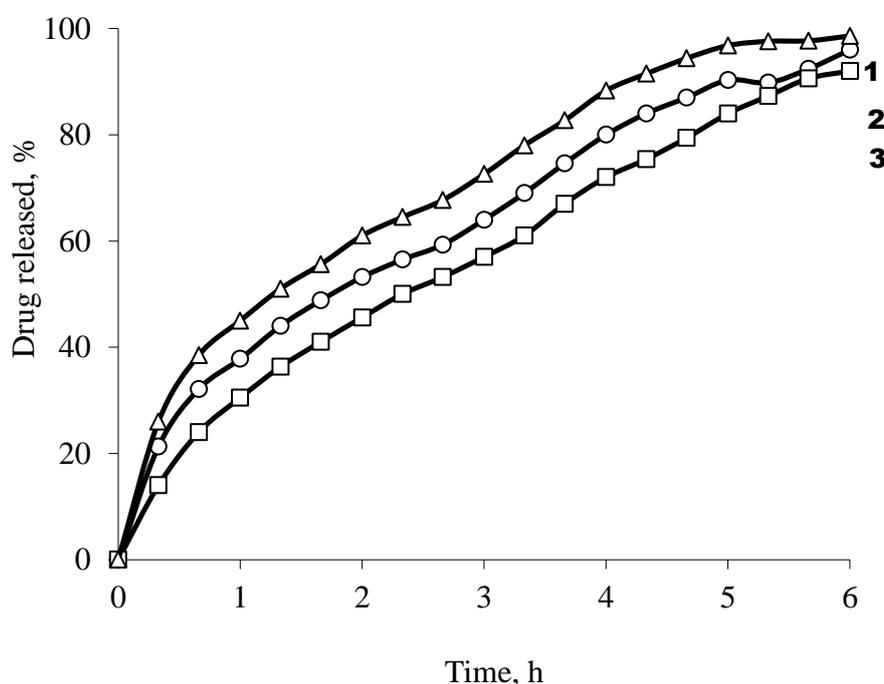


Figure – Release of lidocaine from PVA-films at various drug loading: 25 mg/1 g of PVA (1), 50 mg /1g of PVA (2), 100 mg /1 g of PVA (3)

Table – Release parameters of lidocaine from PVA-films

| Loading, mg/g | Time of 50 % release, h | Time of max release, h | $D \times 10^{-7}$ , $\text{cm}^2 / \text{s}$ |
|---------------|-------------------------|------------------------|---|
| 25            | 1,5                     | 5,0                    | 2,9   |
| 50            | 2,0                     | 5,5                    | 2,6   |
| 100           | 2,5                     | 6,0                    | 2,2   |

Lidocaine is uniformly dispersed in polymer matrix and released in model environment on the mechanism of diffusion with rate reduction. The process of diffusion is described by Fick law and follows first order kinetics, i.e. the amount of drug released per unit time is proportional to its concentration in polymer. It is shown that drug diffused from polymer at 85–90 % for 5–6 hours.

With the increase of film thickness, the diffusion of drugs slows down. So if the system is 1.0 mm thick the 50 % of drug released per 1,0–1,5 h, at a film thickness of 2.5 mm the same amount of anesthetic diffuses for 4.0–4.5 h. It is found that with increase of drug loading from 25 to 100 mg per 1 g of polymer diffusion coefficients is reduced.

Clinical observations on patients with periodontal disease inflammatory and inflammatory-destructive nature showed significant advantages of using polymer film forms of lidocaine. Clinical efficacy was confirmed in statistically significant reduction of terms of treatment of patients with generalized periodontal disease, improvements of the test of Kulagina, gingival index of Loe, hygienic condition of the mouth, a higher percentage of remission of the disease in the early and late periods.

The main advantage of film is long and effective therapeutic effects of small drug doses in the area of pathology. The regulation process is carried out by slow diffusion of oral fluid in polymer, followed by swelling, biodegradation and slow release of the drug from swelling polymer. The sustained drug release from films provides prolonged therapeutic effect. Using variety of techniques, it is possible in a wide range to change the physical-chemical properties of the matrix and respectively the kinetics of release of drug substance. The one of advantages of new dosage form of lidocaine should also be attributed to the lack of irritating action on the mucous membrane of the mouth, absence of allergic reactions and change the function of salivary glands, whereas the imposition of hardening of the gingival dressing is always associated with salivation, unpleasant taste of the dressing and aesthetic discomfort.

The analysis of direct, immediate and remote results of treatment and long-term observation of patients who have taken courses of treatment using medicinal films, expanded range of therapeutic and preventive measures, give experimental and clinical substantiation of their use in dental practice.

#### References:

1. Okamoto H., Taguchi H., Iida K., Danjo K. Development of polymer film dosage forms of lidocaine for buccal administration. I. Penetration rate and release rate // *Journal of Controlled Release*. – 2001. – Vol.77. – P.253–260.
2. Li Wan Po A., Mhando J.R. Formulation of sustained-release products: dissolution and diffusion-controlled release from gelatin films // *Int. Journ. Pharm.* – 1984. –Vol. 20. № 1–2. – P.87–98.
3. Ishuda V., Nambu N., Nagai T. Mucosal dosage form of lidocaine for toothache using hydroxypropyl cellulose and carbopol // *Chem. And Pharm. Bull.* – 1982. – № 3. – P.980–984.
4. Danjo K., Higuchi F., Otsuka A. Release of lidocaine from polymer dosage forms // *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)*. – 1995. – V.43. – P.1759–1763.
5. Oguchi M., Shikama N., Sasaki S., Gomi K., Katsuyama Y., Ohta Sh., Hori M., Takei K., Arakawa K., Sone S. Mucosa-Adhesive. Water-Soluble Polymer Film for Treatment of Acute Radiation-Induced Oral Mucositis // *Intern. Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. – 1998. – № 5. – P.1033–1037.
6. Woolfson D.A., McCafferty D.F., Moss G.P. Development and characterisation of a moisture-activated bioadhesive drug delivery system for percutaneous local anaesthesia // *Intern. Journal of Pharmaceutics*. – 1998. – № 1. – P.83–94.

7. Aleyamma A.J., Sharma Ch.P. Polyvinyl Alcohol as a biomaterial // Blood compatible materials and devices. Ed.by Sharma Ch.P.& Szycher M.Technomic Publ.– 1991. – P.123–130.

*Поступила 10 августа 2016 г.*

УДК 691.735+661.871+661.872+661.874+661.852+661.848.+ 661.842.+ 661.846.+ 661.832.+ 661.833+661.847.

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВЫ КОРНЕЙ ДЕВЯСИЛА БРИТАНСКОГО (*INULA BRITANNICA*), ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В КАЗАХСТАНЕ

**Камалиева Н.Н., Литвиненко Ю.А., Ахтаева Н.З., Мамурова А.Т.**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан*  
*e-mail: assassin\_lie@list.ru*

*В статье приводятся результаты аминокислотного и жирнокислотного анализа подземной части девясила британского (*Inula britannica*), собранной в 2015 году в Райымбекском районе Алматинской области. Исследование проводилось на базе лабораторий факультета химии и химической технологии Казахского Национального Университета им. аль-Фараби и Казахской Академии Питания. В ходе исследования был определен количественный компонентный состав различных аминокислот и жирных кислот в подземной части девясила британского (*Inula britannica*) семейства Астровые (*Asteraceae*). По результатам исследования, в подземной части по количественному содержанию из аминокислот доминируют аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты; из жирных кислот - олеиновая и линолевая кислоты. Было определено, что подземная часть является источником многих незаменимых соединений. Сделан вывод, что корни Девясила британского могут применяться в качестве источника различных соединений, применяемых в медицинской практике.*

**Ключевые слова:** *девясил британский, количественное определение, жирные кислоты, аминокислоты, семейство Астровые.*

*Мақалада 2015 жылы Алматы облысы Райымбек ауданында жиналған британдық аңдызының (*Inula britannica*) жер асты бөлігінің аминокислот және майқышқылдарының талдау нәтижелері келтірілген. Зерттеу әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің химия және химиялық технология факультетінің және Қоректену Академиясы негізінде жүргізілген. Зерттеу барысында жер асты бөлігінің британдық аңдызының (*Inula britannica*) Астралық тұқымдастарының түрлі аминокислот және май қышқылдарының сандық компоненттік құрамы анықталған. Зерттеу нәтижелері бойынша жер асты бөлігінде сандық құрамы бойынша аминокислоттардан аланин, аспаргин және глутамин қышқылдары; май қышқылдарынан – олеин мен линол қышқылдары үстем болып шықты. Жер асты бөлігінің таптырмайтын көптеген қосылыстар көзі екендігі анықталды. Британдық аңдыздың (*Inula britannica*) тамырлары медициналық практикада қолданылатын, әр түрлі қосылыстардың көзі ретінде қолдануға болатындығы дәлелденді.*

**Тірек сөздер:** *британдық аңдыз, сандық анықтаулар, май қышқылдары, аминқышқылдары, Астра тұқымдас.*

*The article presents the results of amino and fatty acid analysis of the underground part of the British elecampane (*Inula britannica*), collected in 2015 in Raiymbek district of Almaty region. The study was conducted on the basis of the laboratories of the Faculty of Chemistry and Chemical Technology of the Kazakh National University. Al-Farabi and the Kazakh Academy of Nutrition. The study was to quantify the component composition of different amino and fatty acids in the underground part of the British elecampane (*Inula britannica*) family Asteraceae. According to a study in the underground part of the quantitative*

*content of amino acids dominated by alanine, aspartic and glutamic acid; fatty acids - oleinovoaya and linoleic acid. It was certain that the underground part is a source of many essential compounds. It is concluded that the roots of Inula Britannica can be applied as a source of various compounds used in medical practice.*

**Keywords:** *Inulabritannica, quantification, fatty acids, amino acids, Asteroideae family.*

**Введение.** Различные группы биологически активных веществ, содержащиеся в растениях, являются основными веществами в ходе получения новых растительных лекарственных препаратов, поэтому важно знать какие их виды и в каком количестве находятся в том или ином растении. Для этого ученые тщательно изучают химический состав для выделения необходимых индивидуальных или групповых компонентов, чье количество позволяет увеличить выход лекарственных средств на производстве.

Таковыми растениями в данном случае являются растения рода *Inula*, а именно *Inula helenium* (Девясил высокий) и *Inula britannica* (Девясил британский). Девясил высокий уже нашел свое применение как источник инулина (заменитель сахара), алантона (при болезнях желудочно-кишечного тракта) и алантолактона (против аскарид) [1], а также используется в виде фито-чая с различным спектром действия. Девясил британский же в свою очередь, повсеместно распространенный на территории Центральной Азии, является малоизученным в странах СНГ, но активно используется в Китайской Народной Республике, как в сборах, так и индивидуально.

В связи с этим, изучение качественного и количественного состава Девясила британского (*Inula britannica*) и создание на его основе различных фитопрепаратов является актуальным.

Аминокислоты являются мономерами белков. Всего в природе около 200 аминокислот, однако, в состав белков входят лишь 20, получивших название белковых.

Белковыми аминокислотами являются  $\alpha$ -аминокислоты с характерной общей структурной особенностью: наличием карбоксильной и аминогрупп, связанных с атомом углерода в  $\alpha$ -положении:  $\alpha$ -аминокислотный остаток одинаков для всех  $\alpha$ -аминокислот [2]. Также каждая аминокислота содержит характерную R-группу.

Эти группы служат «буквами» в молекулярном алфавите белковой структуры.

В зависимости от химических свойств R- групп их подразделяют на четыре основных класса, что принято называть классификацией по полярности:

- неполярные, или гидрофобные: с алифатическими или циклическими углеводородными группами;
- полярные: с сульфгидрильной, гидроксильной, амидной группами;
- отрицательно заряженные: с карбоксильной группой;
- положительно заряженные: с аминогруппой, гуанидиновой и имидазольной группами.

По биологической ценности различают заменимые и незаменимые аминокислоты. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в клетках животных и человека из других веществ, они обязательно должны поступать в организм с пищей [3-5].

В свою очередь, жирные кислоты - алифатические одноосновные карбоновые кислоты с открытой цепью, содержащиеся в этерифицированной форме в жирах, маслах и восках растительного и животного происхождения. Жирные кислоты, как правило, содержат неразветвленную цепь из чётного числа атомов углерода (от 4 до 24, включая карбоксильный) и могут быть как насыщенными, так и ненасыщенными. Они также делятся на заменимые и незаменимые (Омега-3, Омега-6) [6].

Следовательно, изучение аминокислотного и жирнокислотного состава корней *Inula britannica* представляет большой практический интерес.

*Экспериментальная часть.* Объектом изучения являлась подземная часть Девясила британского, собранная в период цветения в 2015 году в Райымбекском районе Алматинской области, заготовка осуществлена с соблюдением санитарных требований и требований Государственной Фармакопей РК.

Компонентный и количественный состав корней на предмет amino- и жирных кислот был определен методом ГЖХ.

*Определение количественного содержания аминокислот методом ГЖХ [7].* 1 г анализируемого вещества, гидролизуют в 5 мл 6Н соляной кислоты при 105 °С в течение 24 часов, в ампулах, запаянных под струей аргона. Полученный гидролизат, трижды выпаривают досуха на роторном испарителе при температуре 40-50 °С и давлением 1 атмосфера. Образовавшийся осадок, растворяют в 5 мл сульфосалициловой кислоты. После центрифугирования (1500 об/мин) в течение 5 мин надосадочную жидкость пропускают через колонку с ионно-обменной смолой Даукс 50, Н-8, 200–400 меш, со скоростью 1 капля в сек. После этого смолу промывают 1-2 мл деионизированной воды и 2 мл 0,5 Н уксусной кислоты; затем смолу отмывают до нейтральной рН.

Для элюирования аминокислот с колонки через нее пропускают 3 мл 6 Н раствора NH<sub>4</sub>OH со скоростью 2 капли в сек. Элюат собирают в круглодонную колбу вместе с дистиллированной водой, которую используют для отмывания колонки до нейтральной рН. Затем содержимое колбы досуха выпаривают на роторном испарителе под давлением 1 атм. и температуре 40-50 °С.

После добавления в эту колбу, 1 капли свежеприготовленного 1.5 % раствора SnCl<sub>2</sub>, 1 капли 2,2-диметоксипропана и 1-2 мл насыщенного соляной кислотой пропанола, ее нагревают до 110 °С, выдерживая эту температуру, в течение 20 мин, а затем содержимое вновь выпаривают из колбы на роторном испарителе.

На следующем этапе в колбу вводят 1 мл свежеприготовленного ацелирующего реагента (1 объем уксусного ангидрида, 2 объема триэтиламина, 5 объемов ацетона) и нагревают при температуре 60 °С в течение 1,5-2 мин. Затем образец снова выпаривают на роторном испарителе досуха и добавляют в колбу 2 мл этилацетата и 1 мл насыщенного раствора NaCl. Содержимое колбы тщательно перемешивают и по мере того, как отчетливо образуется 2 слоя жидкостей – берут верхний (этиацетатный) для газохроматографического анализа, который проводили на газо-жидкостном хроматографе «Карло-Эрба-4200» (Италия-США).

Условия хроматографирования:

- температура пламенно-ионизационного детектора – 300 °С;
- температура испарителя – 250 °С;
- начальная температура колонки – 110 °С;
- конечная температура колонки – 250 °С;
- скорость программирования температуры колонки: от 110 °С до 185–186 °С в мин; от 185 °С до 250 °С – 32 °С в мин. При достижении температуры колонки 250 °С она должна сохраняться такой до полного выхода всех аминокислот.

Для разделения аминокислот используют колонку из нержавеющей стали, размером 400 на 3 мм, заполненную полярной смесью, состоящей из 0,31 % карбовакса 20 м, 0,28 % силара

5 CP и 0,06 % лексана на хромасорбе WA-W-120-140 меш. Обсчет хроматограммы проводят по внешнему стандарту фирмы Altex .

Результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Количественное содержание индивидуальных аминокислот в корнях *Inula britannica*, в %

| Наименование         | Содержание, % | Наименование          | Содержание, % |
|----------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Аланин               | 1,20*         | Аспарагиновая кислота | 1,16*         |
| Глицин               | 0,31          | Цистин                | 0,09          |
| Лейцин               | 0,34          | Оксипролин            | 0,01          |
| Изолейцин            | 0,29          | Фенилаланин           | 0,33          |
| Валин                | 0,32          | Тирозин               | 0,34          |
| Глутаминовая кислота | 2,29*         | Гистидин              | 0,13          |
| Треонин              | 0,31          | Орнитин               | 0,003         |
| Пролин               | 0,73          | Аргинин               | 0,45          |
| Метионин             | 0,11          | Лизин                 | 0,21          |
| Серин                | 0,56          | Триптофан             | 0,18          |

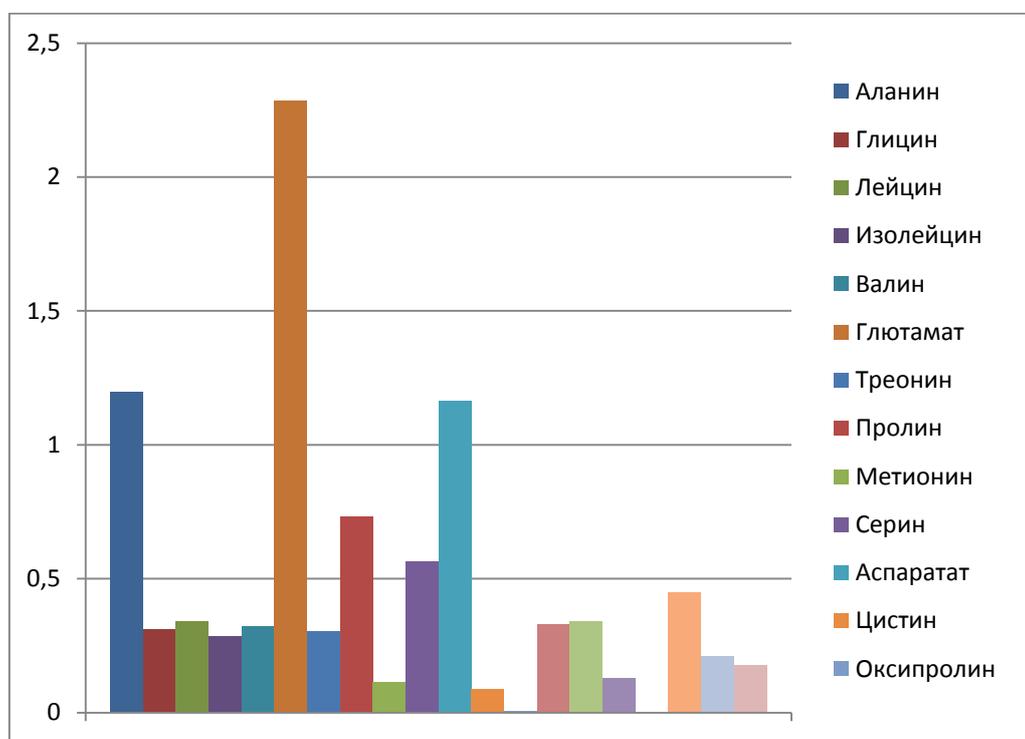


Рисунок 1 – Количественное содержание индивидуальных аминокислот в корнях *Inula britannica*, в %

Из данных, представленных на рисунке 1 и приведенных в таблице 1, можно сделать вывод о том, что в корнях *Inula britannica* по количественному содержанию из аминокислот доминируют: аланин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты.

*Определение жирных кислот методом ГЖХ [7]:* 1 объем образца экстрагируют 20 кратным объемом смеси хлороформа и метанола (2:1) в течение 5 минут. Затем содержимое фильтруют через бумажный фильтр до получения чистого экстракта, который выпаривают в круглодонной колбе на роторном испарителе при температуре бани 30-40 °С досуха. После этого добавляют в колбу 10 мл метанола и 2-3 капли хлористого ацетила и метилируют при температуре 60-70°С в специальной системе в течение 30 минут. Затем метанол выпаривают на роторном испарителе, а образец экстрагируют из колбочки 5 мл гексана и впрыскивают в газовый хроматограф. Эксперимент проводится на приборе «Карло-Эрбо-4200» (США,Италия).

Условия хроматографирования:

- температура инжектора – 188 °С, темп. детектора – 230 °С;
- температура печи – 188 °С, Время анализа – 1 час;
- содержимое колонки: полиэтиленгликольадипинат (20%) на цеолите –545.

Результаты приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

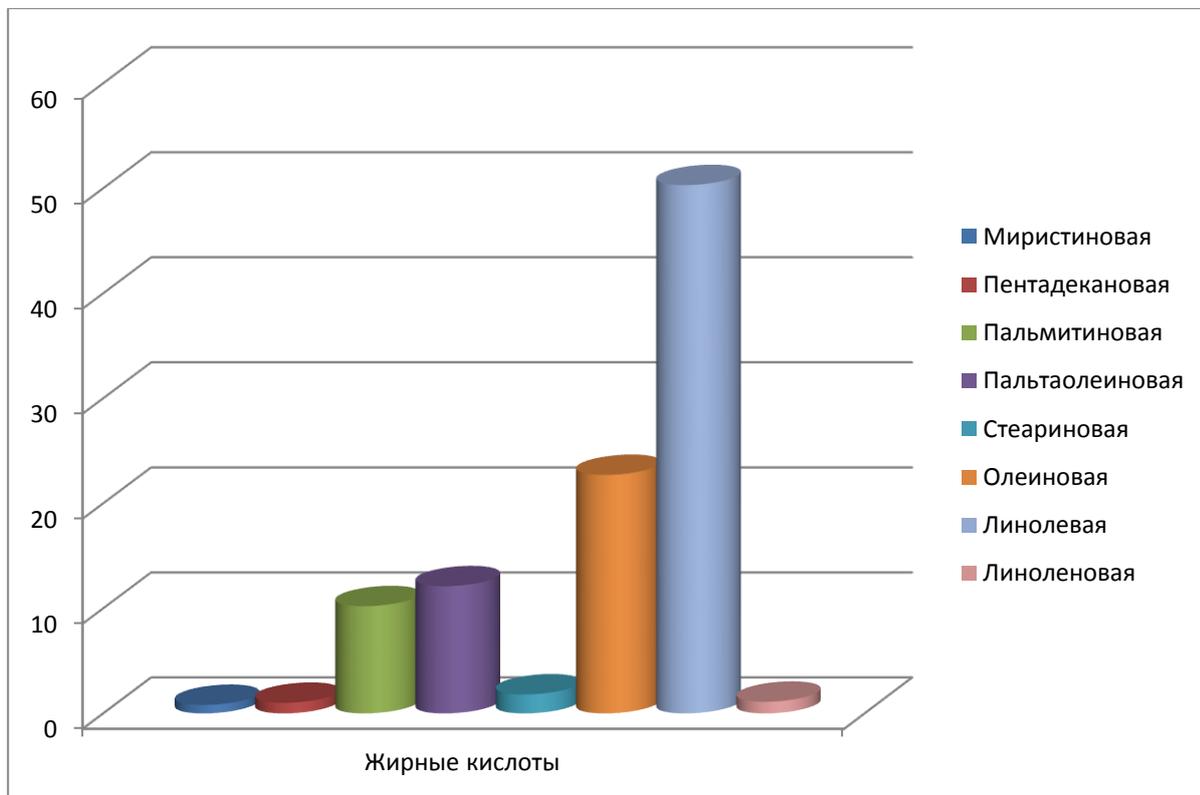


Рисунок 2 – Количественное содержание индивидуальных жирных кислот в корнях *Inula britannica*, в %

Таблица 2 – Содержание индивидуальных жирных кислот в корнях *Inula britannica*, в %

| Наименование кислоты | Символ кислоты    | Содержание, в % |
|----------------------|-------------------|-----------------|
| Миристиновая         | C <sub>14:0</sub> | 0,8             |
| Пентадекановая       | C <sub>15:0</sub> | 1,0             |
| Пальмитиновая        | C <sub>16:0</sub> | 10,2*           |
| Пальмитолеиновая     | C <sub>16:1</sub> | 12,1*           |
| Стеариновая          | C <sub>18:0</sub> | 1,8             |
| Олеиновая            | C <sub>18:1</sub> | 22,7*           |
| Линолевая            | C <sub>18:2</sub> | 50,3*           |
| Линоленовая          | C <sub>18:3</sub> | 1,1             |

Из результатов, приведенных на рисунке 2 и представленных в таблице 2, можно сделать вывод о том, что в корнях *Inula britannica* по количественному содержанию из жирных кислот доминируют: линолевая, олеиновая, пальмитолеиновая и пальмитиновая кислоты.

Следует также отметить, что в корнях *Inula britannica* содержатся все незаменимые аминокислоты, а также незаменимая Омега-6 линолевая кислота, количество, которой составляет более 50%.

#### Заключение

1. Методом ГЖХ изучен аминокислотный и жирнокислотный составы корней Девясила британского, собранных в 2015 году в Райымбекском районе Алматинской области;
2. Определенно, что подземная часть Девясила британского является источником многих незаменимых соединений, таких, как аминокислоты и жирные кислоты;
3. Сделан вывод, о том, что корни Девясила британского могут использоваться в качестве источника различных соединений, применяемых в медицинской практике.

#### Литература:

1. Губанов, И. А. и др. *Inula helenium L.* — Девясил высокий // Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 т. — М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. иссл., 2004. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). — с. 444.
2. Сеитов З. С. Биохимия. — Алматы: Агроуниверситет, 2000. — 897с.
3. Машковский М. Д. Лекарственные растения. — М., 1987. — Т.2. — 328с.
4. Киселева Т. Л., Самилина И. А. Состав свободных аминокислот лекарственных препаратов из листьев, цветов и плодов *Crataegus* // Растит. ресурсы. — 1989 — Т. 25.— Вып. 4. — С.546–551.
5. Поляков В. В., Адекенов С. М. Биологически активные соединения растений рода *Populus L.* и препараты на их основе. — Алматы: Гылым, 1999. — 158с.
6. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия. — М.: Просвещение, 1987. — 815с.
7. Adams R. Determination of aminoacids profiles biological samples by gas chromatography // J. Chromatography — 1974. — Vol. 95. — №2. — P.188–212.

Поступила 14 июня 2016 г.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 551.501: 629.195.1

### **АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ АТМОСФЕРЫ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

**Ахмеджанов А.Х., Караданов Т.К.**

*Национальный центр космических исследований и технологий,*

*Алматы, Республика Казахстан*

*e-mail: model\_lab@mail.ru*

*Ускоренные современные изменения глобального климата, региональные особенности антропогенной нагрузки влияют на замутнение атмосферы. Для исследования аэрозолей в атмосфере, образующихся в результате вулканических извержений, пылевых бурь, крупных лесных пожаров, требуется анализ спектральной аэрозольной оптической толщины атмосферы. Для расчета данного параметра рассмотрена задача переноса коротковолнового излучения в атмосфере с учетом данных спутникового зондирования. К ним относятся данные уходящего коротковолнового излучения и данные отражательной способности расчетной территории. Выполнена численная реализация задачи переноса коротковолнового излучения в атмосфере при условии многократного рассеяния по данным космического зондирования. Разработан алгоритм расчета оптической толщины атмосферы по спутниковым данным. Получены расчетные значения аэрозольной оптической толщины атмосферы на участке Центрального Казахстана (46–53 град. с.ш., 59–71 град. в.д.)*

**Ключевые слова:** атмосфера, коротковолновое излучение, аэрозоль, оптика, толщина, спутник.

*Ғаламдық климаттың қазіргі кездегі жылдам өзгерістері, антропогенді үстемелер атмосфераның ластануына әсері бар. Аэрозольді зерттеушіін вулкандардың атылуы, тозаңды борандар, ірі орман өрттері атмосфераның спектрлі аэрозольді оптикалық қалыңдығына талдау жүргізуді қажет етеді. Бұл параметрді есептеу үшін, жер серігінің барлау деректерін есепке алып атмосферадағы қысқатолқынды сәулелерді тасымалдау есебі қаралған. Бұл деректерге алыстаушы қысқатолқынды сәулелер деректері мен есептеу аумағындағы шағылысу қабілеті деректері жатады. Ғарыштық зондтау деректері бойынша бірнеше рет шашырату жағдайында атмосферадағы қысқатолқынды сәулеленуді тасымалдау міндетін сандық іске асыру орындалды. Жер серігі деректері бойынша атмосфераның оптикалық қалыңдығын есептеу алгоритмі әзірленді. Орталық Қазақстан аумағындағы атмосфераның аэрозольді оптикалық қалыңдығын есептеу мәндері алынды (46-53 град. с.е., 59–71 град. ш.б.).*

**Тірек сөздер:** атмосфера, қысқатолқынды сәуле, аэрозоль, оптика, қалыңдығы, жер серігі.

*Accelerated modern global climate change, regional features of anthropogenic pressures affect the turbidity of the atmosphere. For the study of aerosols in the atmosphere resulting from volcanic eruptions, dust storms, large forest fires requires analysis of the spectral aerosol optical thickness of the atmosphere. For the calculation of this parameter we consider a problem of transfer of shortwave radiation in the atmosphere based on the data of satellite sensing. The data of the outgoing short-wave radiation data and the calculated reflectivity areas are included. The numerical implementation of the objectives of the transfer of shortwave radiation in the atmosphere under the condition of multiple scattering on remote sensing data. The algorithm of calculation of the optical thickness of the atmosphere from satellite data are developed. The*

*calculated values of the aerosol optical thickness of the atmosphere at the site in Central Kazakhstan (46 to 53 degrees. n.l., 59–71 degrees. e.l.)*

**Keywords:** *atmosphere, shortwave radiation, aerosol, optics, thickness, satellite.*

В последние десятилетия исследования спектральной аэрозольной оптической толщи (АОТ) атмосферы стимулировались такими проблемами как ускоренные изменения глобального климата, региональные особенности по антропогенной нагрузке и влиянию естественных источников замутнения атмосферы, в том числе вулканических извержений, пылевых бурь, крупных лесных пожаров и др. Кроме того результаты исследований спектральных АОТ находят широкое применение при разработке оптических систем, работающих через атмосферу, и интерпретации спутниковой информации. Созданы новые методы и алгоритмы решения уравнения переноса излучения в приложении к задачам атмосферной оптики. На основе математического моделирования получены количественные оценки учета особенностей аэрозольного рассеяния света крупными частицами в расчетах интегральных потоков солнечного излучения в атмосфере [1]. Полученные результаты позволяют построить улучшенную аппроксимацию плоского альбедо для использования в задачах дистанционного зондирования [2]. Выполнено моделирование переноса солнечного излучения в различных атмосферных условиях, предложены различные методы расчета атмосферных функций пропускания и потоков излучения [3]. Разработан новый метод определения микрофизических параметров аэрозоля из спектральных измерений оптической толщины и яркости солнечного ореола [4]. На основе экспедиционных исследований показано, что высокие значения аэрозольной оптической толщины (АОТ) наблюдаются во всем диапазоне спектра (0.3–2.14 мкм) и обусловлены совокупным влиянием выносов аэрозоля (пылевого, антропогенного, дымового) из соседних районов континента. Результаты измерений АОТ над океанами, сравнения со спутниковыми данными и модельными расчетами, роль морской аэрозольной сети Maritime Aerosol Network (MAN), как составляющей сети AERONET представлены в работах [5]. Показано, что в многолетней изменчивости аэрозольной оптической толщины для различных географических регионов не проявляется значимой зависимости от циклов солнечной активности [6].

Спектральные области, в которых сосредоточена коротковолновая и длинноволновая солнечная радиация, практически не перекрываются, следовательно, перенос коротковолновой и длинноволновой радиации можно рассматривать отдельно. При таком подходе уравнение переноса излучения в атмосфере можно упростить. Для длинноволновой радиации пренебрежимо мало рассеяние, тогда как в коротковолновой области мало собственное излучение земли, облаков и атмосферы. В видимой области спектра, где существенно значение рассеяния излучения, можно пренебречь поглощением.

Представим релеевскую  $\tau_{\lambda\rho}$  и аэрозольную  $\tau_{\lambda a}$  составляющие оптических толщин в следующем виде:

$$\tau_{\lambda\rho} = \int_0^z \rho \delta_{\lambda\rho} dz, \quad \tau_{\lambda a} = \int_0^z \rho_a \delta_{\lambda a} dz, \quad (1)$$

где  $\delta_{\lambda\rho}$  и  $\delta_{\lambda a}$  – релеевский и аэрозольный коэффициенты рассеяния,  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho_a$  – плотность аэрозоля.

Оптическая толщина слоя атмосферы за счет рэлеевского рассеяния рассчитывается по формуле [7]:

$$\tau_{\lambda p} = 0,02152 \frac{1,0455996 - 342,2906\lambda^{-2} - 0,9023085\lambda^2 \Delta p}{1 + 0,0022705988\lambda^{-2} - 85,965863\lambda^2 p_s},$$

где  $\lambda$  – длина волны;  $\Delta p$  – толщина слоя атмосферы (гПа);  $p_s$  – приземное давление (гПа).

Значения аэрозольной оптической толщины для данной территории в заданное время можно определить из общей оптической толщины атмосферы, состоящей из рэлеевского и аэрозольного оптических толщин, можно записать в следующем виде:

$$\tau_{\lambda a} = \tau_{\lambda} - \tau_{\lambda p}. \quad (2)$$

Значение общей оптической толщины атмосферы определяется из задачи переноса по спутниковым данным уходящего коротковолнового излучения в атмосфере (radians) и отражательной способности выбранного участка земной поверхности (reflectance).

Рассмотрим численную реализацию задачи переноса коротковолнового излучения в атмосфере при условии многократного рассеяния по данным космического зондирования.

Уравнение переноса коротковолнового излучения в атмосфере можно записать в следующем виде:

$$\mu \frac{\partial I}{\partial z} + \sigma I = \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 g(\mu, \mu', \varphi, \varphi') I(z, \mu', \varphi') d\mu' d\varphi' + \sigma_s g(\mu, \mu_0, \varphi, \varphi_0) E_{\lambda} e^{-\frac{\tau_{\lambda}}{\mu}}, \quad (3)$$

где

$I(z, \mu, \varphi)$  – интенсивность излучения;

$\mu = \cos\theta$ ,  $\theta$  – угол зондирования ( $\mu > 0$  – соответствует нисходящему потоку,  $\mu < 0$  – восходящему);

$E_{\lambda}$  – поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы;

$g(\gamma)$  – индикатриса рассеяния;

$\gamma$  – угол рассеяния;

$q(\mu, \varphi)$  – альbedo земной поверхности;

$\mu_0, \varphi_0$  – направление распространения солнечного излучения;

$\sigma_s$  – коэффициент рассеяния излучения;

$\tau_{\lambda}$  – оптическая толщина атмосферы;

$\sigma = \sigma_s + \sigma_n$ ,  $\sigma_n$  – коэффициент поглощения излучения;

$z, \varphi, \theta$  – сферическая система координат.

Полагая, что центр координат находится на верхней границе атмосферы высотой  $z = H$  можем записать граничные условия в следующем виде:

$$I(0, \mu, \varphi) = 0 \quad \text{при } \mu > 0 \quad (4)$$

$$I(H, \mu, \varphi) = \frac{q}{\pi} \left( \int_0^{2\pi} \int_0^1 I(H, \mu', \varphi') \mu' d\mu' d\varphi' + \mu_0 E_\pi e^{-\frac{\tau_\lambda}{\mu}} \right) \text{ при } \mu < 0, \quad (5)$$

где  $q$  – альbedo земной поверхности.

Среди всех параметров задачи, обуславливающих изучаемый процесс, важное значение имеет выбор параметра  $E_\lambda$ , являющейся величиной потока солнечной радиации, поступающую на верхнюю границу атмосферы. В таблице со значениями монохроматического потока солнечной радиации  $E_\lambda$  (вт/м<sup>2</sup>мкм) на верхней границе атмосферы при значении солнечной постоянной  $I_0=1,353$  квт/м<sup>2</sup> при длинах волн от 0,18 до 20,00 мкм. При заданной длине волны можно определить необходимую величину  $E_\lambda$ .

Оптическая толщина экстинкции  $\tau_\lambda$  определяется в виде суммарного по высоте значения, хотя  $\tau_\lambda$  является функцией по высоте. Это проявляется в решении задач переноса излучения. В задаче переноса исходящего излучения оптическая толщина растет от верхней границы, а для переноса восходящего излучения от земной поверхности.

В общем виде индикатриса рассеяния является функцией угла рассеяния  $\theta$ :  $g = g(\cos \gamma)$ , где  $\gamma$  – угол рассеяния. Полный коэффициент рассеяния является суммой коэффициентов молекулярного (релеевского)  $i_\lambda$  и аэрозольного рассеяния. До высоты 3000 м рассеяние солнечной радиации обусловлено в основном аэрозольным, и только выше этой высоты молекулярная составляющая становится более аэрозольной. Индикатриса при релеевском рассеянии описывается формулой:

$$g(\gamma) = \frac{3}{4}(1 + \cos^2 \gamma).$$

Угол рассеяния  $\gamma$  связан с углом визирования  $\theta$  и азимутом  $\varphi$  соотношением:

$$\cos \gamma = \cos \theta \cos \theta_0 + \sin \theta \sin \theta_0 \cos \varphi,$$

где  $\theta_0$  – зенитное расстояние Солнца.

В условиях «нормальной» атмосферы (давление на уровне земной поверхности равно 760 мм, температура 0 °С) приближенной можно принять формулу по определению коэффициента рассеяния в виде  $\alpha_\lambda = 0,00821\lambda^{-4}$ , где  $\lambda$  – длина волны в микронах. В это же время коэффициент рассеяния зависит и от высоты над земной поверхностью. Анализ теоретических и опытных данных позволяет получить среднее значение коэффициентов молекулярного  $i_\lambda$  и аэрозольного  $j_\lambda$  рассеяния света. В удовлетворительном согласии с данными натуральных экспериментов эти коэффициенты описываются функциями вида  $i_\lambda(z) = \frac{q}{\lambda^4} \exp(-az)$ ,  $j_\lambda(z) = \frac{b}{\lambda^\beta} \exp(-bz)$ , где  $a, b, \beta$  – постоянные. Показатель  $\beta$  зависит от размеров аэрозольных частиц и принимает значения от 0 до 4. Среднее значение  $\beta = 0,9$  может соответствовать слабой и средней замутненности атмосферы. К ослаблению потока солнечной радиации кроме процесса рассеяния приводит также процесс поглощения некоторой части излучения. В практических расчетах ослабления потоков солнечной радиации, обусловленное поглощением и рассеянием, учитывают суммарно, путем введения общего коэффициента ослабления. Для определения этого коэффициента наиболее

характерным является величина оптической толщины атмосферы при определенной длине волны.

Рассмотрим численное решение задачи переноса коротковолнового излучения в атмосфере (3-5). Уравнение (3) представим в виде конечно-разностной схемы с направленными разностями, а двойной интеграл в правой части уравнения в виде двойного ряда с использованием метода Симпсона для вычисления определенных интегралов.

$$\mu \frac{I_{i,j,k} - I_{i,j,k-1}}{h} + \sigma I_{i,j,k} = \frac{\sigma_s}{2\pi} F1_{i,j,k} + F_{i,j,k} \quad \mu > 0, \quad (6)$$

$$\mu \frac{I_{i,j,k+1} - I_{i,j,k}}{h} + \sigma I_{i,j,k} = \frac{\sigma_s}{2\pi} F1_{i,j,k} + F_{i,j,k} \quad \mu < 0, \quad (7)$$

где  $h$  – шаг расчетной сетки по  $z$ ,

$$F_{i,j,k} = \pi g_{i,j} E_\lambda e^{-\frac{\tau}{\mu}} \quad \mu > 0,$$

$$F_{i,j,k} = \pi g_{i,j} E_\lambda e^{\frac{\tau}{\mu}} \quad \mu < 0,$$

$$F1_{i,j,k} = \sum_{m=1}^M g_{i,j,1,m} I_{1,m,k} + \sum_{m=1}^M g_{i,j,N,m} T_{N,m,k} + \\ + 2 \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,1} T_{n,1,k} + 2 \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,M} T_{i,j,n,M} + 4 \sum_{m=2}^{M-1} \sum_{n=2}^{N-1} g_{i,j,n,m} T_{i,j,n,m}$$

Итерационный алгоритм по определению искомой функции  $I_{i,j,k}$  заменяется в виде:

$$I_{i,j,k}^{n+1} = (\mu I_{i,j,k-1}^{n+1} + h \frac{\sigma_s}{2\pi} F1_{i,j,k} + F_{i,j,k} h) / (\mu + \sigma h) \quad \mu > 0, \quad (8)$$

$$I_{i,j,k}^{n+1} = (-\mu I_{i,j,k+1}^{n+1} + \frac{\sigma_s}{2\pi} h F1_{i,j,k} + F_{i,j,k} h) / (\sigma h - \mu) \quad \mu < 0, \quad (9)$$

В  $F1_{i,j,k}$  входит определяемая функция  $I_{i,j,k}^n$ . В первом приближении  $I_{i,j,k}^{(1)} = 0$ .

По экспериментальным данным значение оптической толщины изменяется в пределах от 0,25 до 0,39 при среднем значении 0,350. В эксперименте определяется общее значение оптической толщины. Для решения поставленной задачи важно изменение значения оптической толщины при нисходящем и восходящем потоке. При нисходящем потоке оптическая толщина нарастает от верхней границы до земной поверхности, тогда как при восходящем от земной поверхности до верхней границы атмосферы.

По данным 3 канала сканера MODIS аэрозольная оптическая толщина атмосферы (длина волны 0,550 мкм) над районом Центрального Казахстана 15 августа 2015 года представлена на рисунке 1. Расчетное поле распределения аэрозольной оптической толщины атмосферы (длина волны 0,550 мкм) над этим районом 15 августа 2015 года показан на рисунке 2. Значения аэрозольной оптической толщины атмосферы на длине волны 0,550 мкм на рассматриваемом участке меняются в диапазоне 0,1 до 0,4.

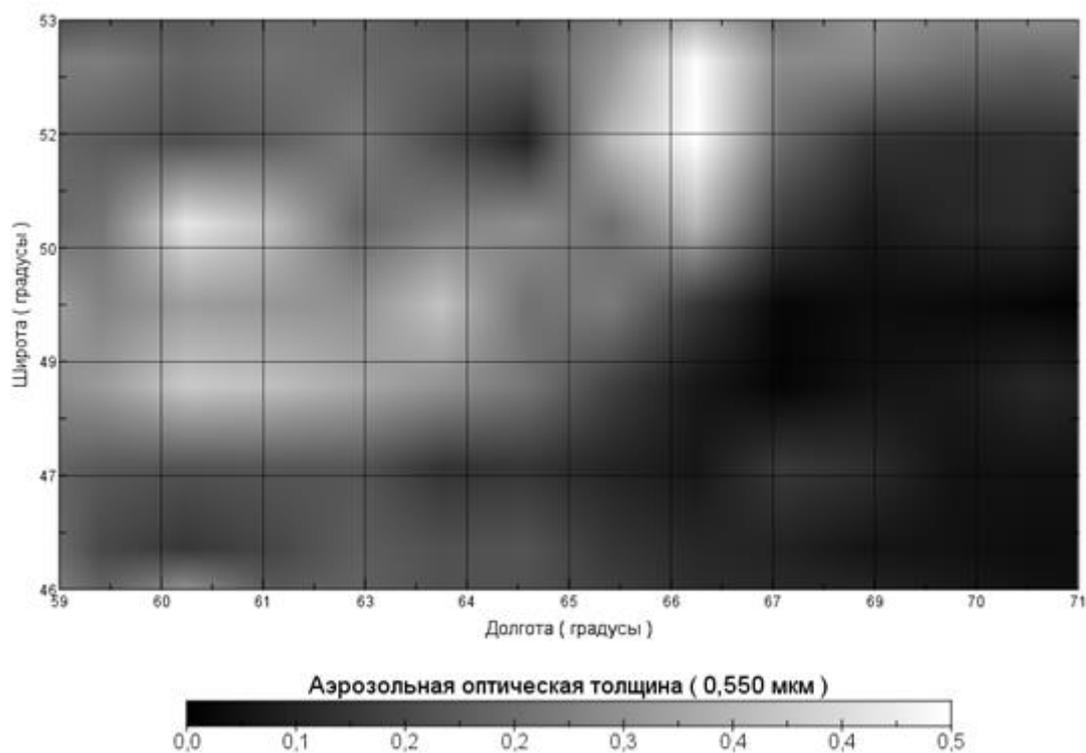


Рисунок 1 – Аэрозольная оптическая толщина атмосферы (длина волны 0,550 мкм) над районом Центрального Казахстана 15 августа 2015 года по данным 3 канала сканера MODIS

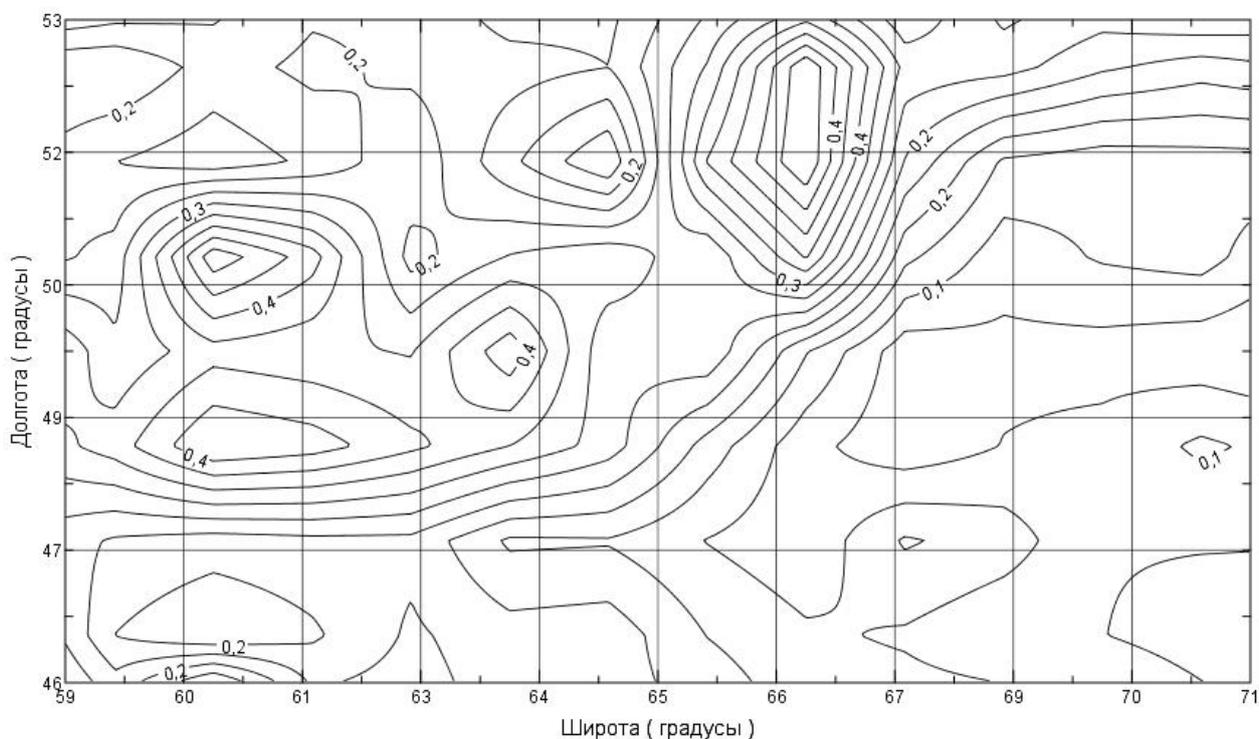


Рисунок 2 – Расчетное поле распределения аэрозольной оптической толщины атмосферы (длина волны 0,550 мкм) над районом Центрального Казахстана 15 августа 2015 года

**Литература:**

1. Рублев А.Н., Горчакова И.А., Удалова Т.А. Влияние крупных частиц на оценки оптических и радиационных характеристик пылевого аэрозоля // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2011. – Т.47. – №2. С. 1–11.
2. Басс Л.П., Гермогенова Т.А., Николаева О.В. и др. Численное моделирование краевых эффектов в оптике аэрозоля и облаков // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – № 2. – С.201–206.
3. Журавлева Т.Б. Моделирование переноса солнечного излучения в различных атмосферных условиях. Часть I: Детерминированная атмосфера; Часть 2: Стохастическая облачность // Оптика атмосферы и океана. – 2008. – Т. 21. – № 2. – С. 99–114; №3. С. 189–202.
4. Веретенников В.В. Совместное определение микроструктуры и показателя преломления аэрозоля по данным солнечной фотометрии // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20. – № 3. – С. 214–221.
5. Афонин С.В., Энгель М.В., Майор А.Ю. и др. Результаты комплексного аэрозольного эксперимента в переходной зоне материк-океан (Приморье и Японское море). Часть 2. Анализ пространственной и временной изменчивости характеристик аэрозоля по спутниковым данным и лидарным измерениям // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23. – №9. – С. 811–819.
6. Сакерин С.М., Горбаренко Е.В., Кабанов Д.М. Особенности многолетней изменчивости аэрозольной оптической толщины атмосферы и оценки влияния различных факторов // Оптика атмосферы и океана. – 2008. – Т. 21. – № 7. – С. 625–631.
7. Bodhaine B.A., Wood N.B., Dutton E.G., Slusser J.R. On Rayleigh Optical Depth Calculations // J. Atmos. Oceanic Technol. – 1999. – Vol. 16. – P. 1854–1861.

*Поступила 2 сентября 2016 г.*

УДК 550.34.016: 550.394.4

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТРАССЫ ТРАНСЕВРАЗИЙСКОЙ МАГИСТРАЛИ «ХОРГОС–ПОРТ АКТАУ–КАНАЛ «ЕВРАЗИЯ» ЧЕРЕЗ ТЕРРИТОРИЮ КАЗАХСТАНА

**Абаканов Т., Ли А.Н., Садыров Р.К.**

*Институт сейсмологии Национального центра сейсмологических  
наблюдений и исследований, Алматы, Казахстан  
e-mail: seismology@seismology.kz*

*Собраны и проанализированы материалы по комплексной оценке сейсмотектонических условий вариантов трасс Канала «Евразия». Проанализированы и выделены сейсмогенерирующие зоны на наиболее сейсмоопасной территории трасс Канала «Евразия». Составлена Карта сейсмогенерирующих зон для исследуемой территории как основа оценки сейсмической опасности. Разработана комплексная оценка сейсмотектонических условий вариантов трасс Канала «Евразия». Проведен сбор и анализ макросейсмических сведений о разрушительных последствиях 17 сильных землетрясений.*

**Ключевые слова:** *сейсмотектоника, сейсмическая опасность, сейсмopotенциал, сейсмичность, сейсмогенерирующие зоны, магнитуда, интенсивность землетрясения.*

*«Евразия» каналы жолдары нұсқаларының сейсмотектоникалық жағьдайларын кешенді бағалау бойынша материалдар жинақталды және талдау жасалды. «Евразия» каналы жолдарының айтарлықтай сейсмикалық қауіпті аумақтарының сейсмикалық қозғалтқыш аймақтары талданды және айқындалды. Сейсмикалық қауіптілікті бағалаудың негізі ретінде зерттеліп отырған аумақ үшін сейсмикалық қозғалтқыш аймақтардың картасы жасалды. «Евразия» каналы жолдары нұсқаларының сейсмотектоникалық жағьдайларын кешенді бағалау әзірленді. 17 күшті жерсілкіністерінің талқандалған зардаптары туралы макросейсмикалық мәліметтерді жинау мен талдау жүргізілді.*

**Тірек сөздер:** *сейсмотектоника, сейсмикалық қауіптілік, сейсмикалық әлеует, сейсмикалық, сейсмикалық қозғалтқыш аймақтар, магнитуда, жерсілкінісінің қарқындылығы.*

*Collected and analyzed materials on comprehensive assessment of the seismotectonic conditions of the options of the Channel "Eurasia" tracks. Analyzed and allocated the seismogenerating zones in the most seismic dangerous territory of the "Eurasia" Channel tracks. Has been completed the map of the seismogenic zones for the researched territory as the basis for seismic hazard assessment. Has been developed a comprehensive assessment of the seismotectonic conditions of variants of the Channel "Eurasia" tracks. Has been collected and analyzed the macroseismic information about the devastating consequences of the 17 strong earthquakes.*

**Keywords:** *seismotectonic, seismic hazard (seismic risk), seismic potential, seismicity, seismic generating zones/ the seismogenic zone, the magnitude, the intensity if earthquake.*

Планируемая трасса трансевразийской магистрали «Хоргос–порт Актау–канал «Евразия» длиной около 3000 км пересекает на своем пути различные геолого-тектонические формации с различным уровнем сейсмической опасности.

Если восточная часть планируемой магистрали проходит по высокосейсмичной территории, то сейсмичность западной и центральной частей до сих пор мало изучена из-за отсутствия сети сейсмических станций [1]. Однако произошедшие в последние годы 5–6 балльные землетрясения в пределах Мангистауской, Актюбинской, Кызылординской, Алматинской и Карагандинской областей свидетельствует о том, что нельзя не учитывать сейсмическую опасность этих регионов, особенно при проектировании и строительстве особо ответственных объектов, каковым является планируемая трансевразийская магистраль «Хоргос–порт Актау–канал «Евразия» [2, 3]. Кроме того, часть планируемой магистрали проходит по территории разрабатываемых месторождений нефти и газа, где могут иметь место интенсивные геодинамические процессы, в том числе техногенные землетрясения со значительной интенсивностью. Следует добавить, что в настоящее время регион Западного Казахстана является ареной интенсивных геодинамических процессов, одним из ярких показателей которых является подъем уровня Каспийского моря более чем на два метра за последние два десятка лет [4].

При оценке сейсмической опасности магистрали «Хоргос–порт Актау–канал «Евразия» к анализу должны привлекаться геолого-геофизические и сейсмологические материалы в полосе шириной 200 км (по 100 км в каждую сторону от трассы), так как зона влияния местных сейсмогенерирующих структур составляет до 100 км и выше при их сейсмopotенциале  $M \geq 5$ . Кроме того, в обязательном порядке должна учитываться степень влияния дальних сейсмогенерирующих зон с  $M_{\max} \geq 7,0$ . Выполнен сбор фондовых материалов по инженерно-геологическим условиям территорий Западного и Центрального Казахстана (Мангистауской, Карагандинской и Акмолинской областей).

Наиболее сейсмоопасной территорией трассы Канала «Евразия» является регион Алматинской области. Алматинская область относится к Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньскому сейсмоактивному региону. Очаги сильных и разрушительных землетрясений приурочены к орогенному поясу исследуемого района.

Информационную базу изучения сейсмичности составили каталоги сильных и слабых землетрясений рассматриваемой территории, созданные по макросейсмическим и инструментальным данным. На основе первых для исследуемой территории составлено 25 карт изосейст. Анализ их позволил решить следующие основные задачи: 1) изучение закономерностей затухания интенсивности сотрясений в зависимости от магнитуды, расстояния, азимута и геолого-тектонических особенностей среды; 2) определение параметров очагов землетрясений, для которых отсутствуют инструментальные данные; 3) создание моделей реальных сейсмических воздействий.

Результаты оценки представительности землетрясений разных энергетических классов за разные периоды наблюдений показали, что в пределах ДСТШ региона землетрясения с  $K \geq 9$  представительны с 1951 г.,  $K \geq 12$  – с 1926 г.,  $K \geq 13$  – с 1916 г.,  $K \geq 14$  – с 1891 г.,  $K \geq 15$  – с 1865 г. [5].

Составленные унифицированные каталоги слабых и сильных землетрясений позволили получить представление о пространственном распределении сейсмичности и выделить наиболее сейсмоактивные зоны. Для этого произведен расчет, построение и анализ карт эпицентров слабых, сильных землетрясений, сейсмической активности, плотности эпицентров, удельной мощности источников сейсмической энергии, механизмов очагов, изосейст, максимальных наблюдаемых сотрясений и др.

При оценке сейсмической опасности сейсмоактивных территорий, к каковым относится Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньский регион, существенное значение имеют сведения о

внутренней структуре земной коры и верхней мантии. Район исследований относится к достаточно хорошо изученным региональной глубинной геофизикой. Комплекс геофизических материалов здесь обработан и проинтерпретирован на единой методической основе с применением компьютерных технологий, реализующих пакет процедур решения обратных задач геофизики и математического моделирования.

Под оценкой сейсмической опасности понимается выделение региональных сейсмогенерирующих зон, определение величины максимального возможного землетрясения ( $M_{max}$ ) и пространственно-временных закономерностей возникновения землетрясений в них и установление возможных сейсмических воздействий. Эта задача решается методами сейсмического районирования. Выделение сейсмогенерирующих зон – проблема комплексная. Проведенные исследования позволили выявить критерии сейсмичности – количественные и качественные показатели состояния геологической среды, сочетания которых определяют максимальную магнитуду возможных землетрясений. Наиболее общей закономерностью сейсмичности является ее приуроченность к существующим горным системам, которые характеризуются некоторыми особенностями, с одной стороны, глубинного строения, а с другой – морфологического выражения новейших структур.

Комплексное использование выявленных особенностей глубинной и верхнекоревой структур сейсмоактивных орогенов позволило составить для исследуемой территории Карту сейсмогенерирующих зон как основу оценки сейсмической опасности. Установленные геофизические, геологические и сейсмологические критерии послужили основой дифференциации сейсмогенерирующих зон по максимальной магнитуде ожидаемых землетрясений от 4,0 до 8.5. Ниже приведено краткое описание важнейших из них в пределах сейсмоопасных регионов Казахстана на пути прохождения трассы Канала «Евразия» (рисунок 1).

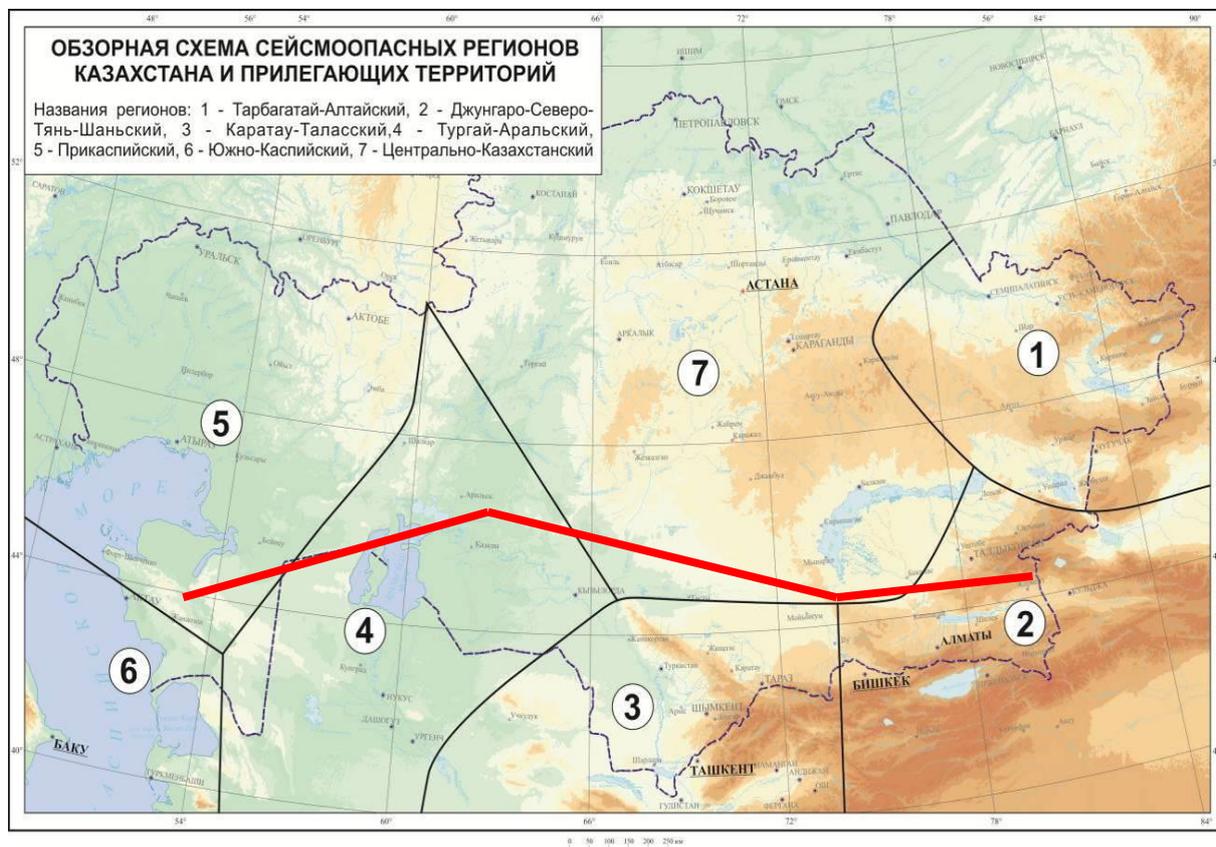
Южно-Джунгарская сейсмогенерирующая зона приурочена к глубинному разлому, разделяющему Южно- и Центрально-Джунгарский блоки. Зона протягивается из КНР и далее на северо-запад уходит под кайнозойские отложения Южно-Прибалхашской впадины, расчленяясь поперечными разломами. В этом же направлении уменьшается мощность коры от 50 до 44 км и активной мантии, причем простирание деструктивной зоны совпадает с направлением зоны градиентов мощности активной мантии.

Амплитуда перемещения эпигерцинской денудационной поверхности на отдельных отрезках разлома не одинакова и уменьшается с востока на северо-запад от 2 км (в пределах приподнятых блоков) до 0,8–0,5 км (под рыхлыми отложениями Ю-Прибалхашской впадины).

Суммарная ИНД (интенсивность новейших движений) также изменяется в северо-западном направлении. Если вблизи Панфиловской впадины ее значения не превышают 3 км и на таком уровне остаются на территории КНР, то по простиранию в северо-западном направлении величина ИНД быстро достигает 4–5 км. По данным инструментальных наблюдений (с 1951 года) вдоль Южно-Джунгарской зоны разломов отмечены землетрясения 14–15 энергетического класса ( $M=5,9–6,5$ ), но потенциальные возможности ее по аналогии с Алматинской, видимо, значительно больше. По всему комплексу имеющихся данных на восточном фланге Южно-Джунгарской зоны максимальная магнитуда предполагается в пределах 7,0–8,0, а к северо-западу снижается сначала до 6,5, а затем (в пределах Южно-Прибалхашской впадины) до 6,0.

Алтынэмельская сейсмогенерирующая зона названа по соответствующему разлому, пересекающему Южно-Джунгарский блок. Мощность земной коры в его пределах составляет 44–46 км, а активной мантии – до 10 и более км. По комплексу геофизических методов она

интерпретируется как поверхностное выражение глубинной деструктивной зоны, проникающей в земную кору на 20 км, а на северо-восточном фланге – до подошвы коры. Вертикальное смещение фундамента по Алтынэмельскому взбросу составляет более 1,5 км на восточном фланге, а на юго-запад увеличивается до 2 км. Еще юго-западнее амплитуда смещения уменьшается и под чехлом Алматинской впадины оценивается не более чем в 0,8 км.



1 – Тарбагатай-Алтайский, 2 – Джунгаро-Северо-Тянь-Шаньский, 3 – Каратау-Таласский, 4 – Тургай-Аральский, 5 – Прикаспийский, 6 – Южно-Каспийский, 7 – Центрально-Казахстанский, — Трансевразийская магистраль «Хоргос–порт Актау–канал «Евразия»

Рисунок 1 – Обзорная схема сейсмоопасных регионов Казахстана

Соответственно и суммарная ИНД на большей части зоны достигает 3,8-5,4 км, а на Шолакском участке быстро уменьшается до 2 км. В пределах Алтынэмельского отрезка зоны возникали землетрясения 14 энергетического класса. Принимая во внимание перечисленные критерии, а также высокое значение ИНД, максимальная магнитуда землетрясений в Алтынэмельской зоне ожидается до 7,0, а на юго-западном её продолжении – 6,5.

Обоснованное суждение об уровне сейсмической активности отдельных сейсмогенных зон и сравнение их между собой возможно на основе количественных оценок параметров сейсмического режима (параметризации сейсмогенерирующих зон). Решая эту задачу, необходимо установить особенности распределения современной сейсмичности, как по площади, так и по глубине, оценить повторяемость землетрясений и сотрясений, величину максимального возможного землетрясения и т.д.

Карта сейсмогенерирующих зон территории Казахстана явилась основой для создания генерализованной схемы зон ВОЗ (рисунок 2). На карте выделено около 130 зон, для каждой из которых определялись параметры сейсмического режима.

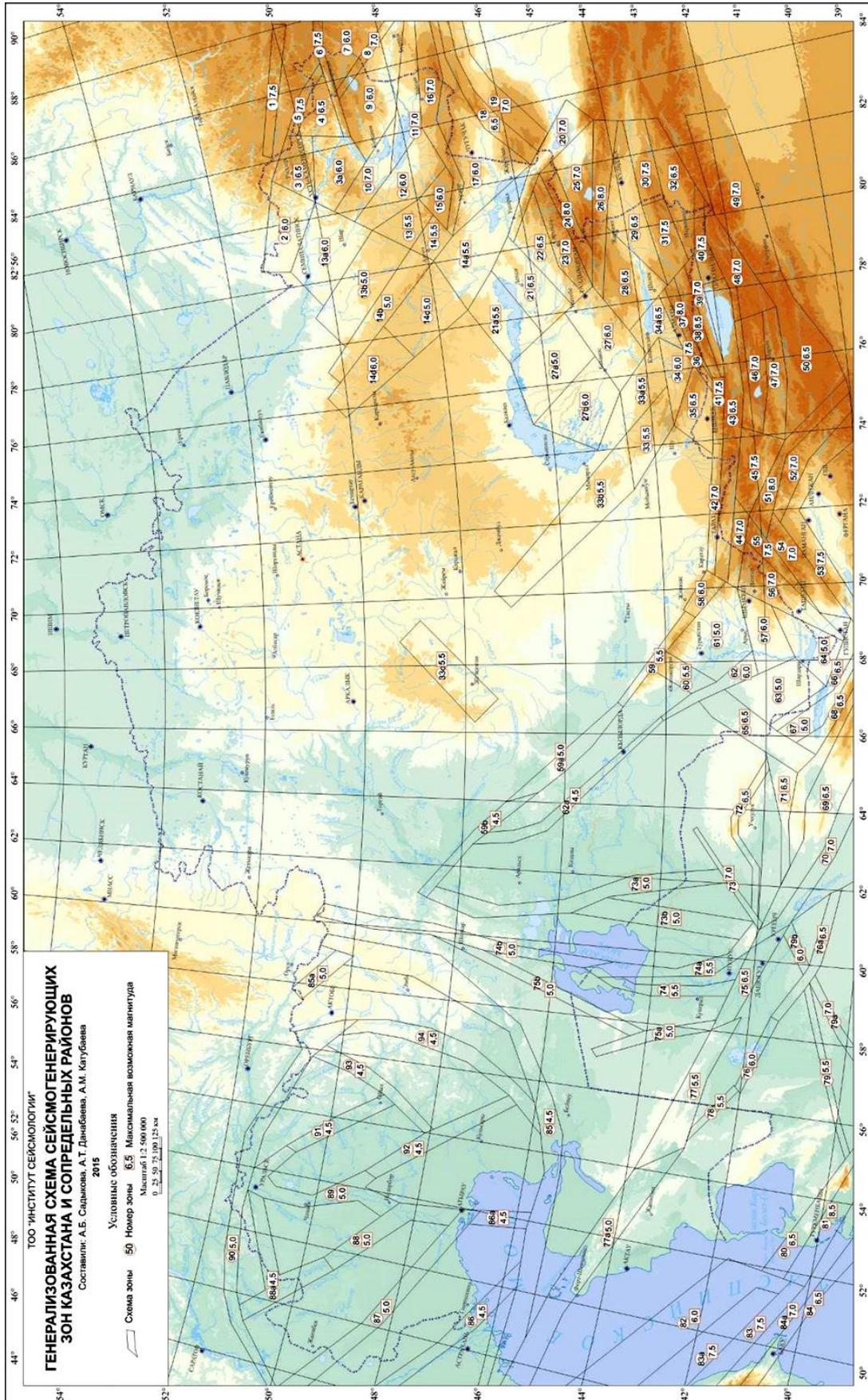


Рисунок 2 – Генерализованная схема сейсмогенерирующих зон Казахстана и сопредельных районов

Информационную основу параметризации сейсмогенерирующих зон составили каталоги землетрясений юга и юго-востока Казахстана, а также центральной и западной ее частей.

Разработана методика сейсмологической параметризации сейсмогенерирующих зон [6]. Использовались карты эпицентров землетрясений с  $M \geq 2,0$  за 1951–2014 гг. исследуемой территории с указанием глубин очагов, которые явились информационной основой для параметризации зон.

При расчетах исключались афтершоки сильных землетрясений, выделенные по методике, которая описана в [7]. Период наблюдения выбран исходя из представительной регистрации многочисленных слабых землетрясений.

Работа выполнена в рамках программы «Научно-техническое обоснование максимально возможных вариантов евразийского транзита через территорию Казахстана на 2015–2017 годы».

– Собраны и проанализированы материалы по комплексной оценке сеймотектонических условий вариантов трасс Канала «Евразия». Собраны и проанализированы фондовые материалы по инженерно-геологическим условиям территорий Западного и Центрального Казахстана (Мангистауской, Карагандинской и Акмолинской областей).

– Проанализированы и выделены сейсмогенерирующие зоны на наиболее сейсмоопасной территории прохождения трассы Канала «Евразия». Составленные унифицированные каталоги слабых и сильных землетрясений позволили получить представление о пространственном распределении сейсмичности и выделить наиболее сейсмоактивные зоны.

– Разработана комплексная оценка сеймотектонических условий вариантов трасс Канала «Евразия». Проведен сбор и анализ макросейсмических сведений о разрушительных последствиях 17 сильных землетрясений. Проведенные исследования позволили выявить критерии сейсмичности – количественные и качественные показатели состояния геологической среды, сочетания которых определяют максимальную магнитуду возможных землетрясений. Наиболее общей закономерностью сейсмичности является ее приуроченность к существующим горным системам.

– В итоге дана комплексная оценка сеймотектонических условий вариантов трасс Канала «Евразия».

#### **Литература:**

- 1 Тимуш А.В. Сеймотектоника литосферы Казахстана. – Алматы: Luxe Media Group, 2011. – 590 с.
- 2 Сейсмическое районирование территории Актюбинской области. – Алматы, 2006. – 79 с.
- 3 Сейсмическое районирование территории Мангистауской области. – Алматы, 2004. – 88 с.
- 4 Уломов В.И. Объемная модель динамики литосферы, структуры сейсмичности и изменений уровня Каспийского моря // Физика Земли. – 2003. – №5. – С. 5–17.
- 5 Сыдыков А., Садыкова А.Б. Оценка представительности землетрясений с  $K \geq 12$  территории юга и юго-востока Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. Деп. – 4.10.1988. – №2353. – 11 с.
- 6 Шацлов В.И. Обоснование способа массового определения координат очагов местных землетрясений // Прогноз землетрясений. – Душанбе: Дониш, 1982. – №2. – С.173–196.
- 7 Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. – Алматы: Ғылым, 2004. – 268 с.

*Поступила 3 сентября 2016 г.*

УДК 528.946:550.34

## О РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ КАРТ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АЛМАТЫ

**Абаканов Т., Ли А.Н., Садыров Р.К.**

Институт сейсмологии Национального центра сейсмологических  
наблюдений и исследований, Алматы, Казахстан  
e-mail: seismology@seismology.kz

*Сегодня развитие города Алматы происходит в сложных условиях. Границы города расширились и продолжают расширяться. Существующая карта сейсмического микрорайонирования территории г.Алматы показала свою неэффективность для целей оценки сейсмического риска. Таким образом, возникла острая необходимость разработки карты сейсмического микрорайонирования территории города Алматы и пригородной зоны на новой методической основе, где наряду с интенсивностью землетрясений в баллах и повторяемостью землетрясений максимальной интенсивности будут отражены спектральные характеристики колебаний грунтов по отдельным участкам территории города.*

**Ключевые слова:** *сейсмоструктура, сейсмическая опасность, сейсмопотенциал, сейсмичность, сейсмогенерирующие зоны, магнитуда, интенсивность землетрясения.*

*Бүгінгі күні Алматы қаласының дамуы қиын жағдайда жүріп жатыр. Қаланың шекарасы кеңейді және әрі қарай кеңейту жалғасуда. Алматы қ. аумағын сейсмикалық шағынаудандастыру қазіргі картасы сейсмикалық қатерлерді бағалау мақсатында өзінің тиімсіздігін көрсетті. Осылайша, Алматы қаласы мен қаламаңы аймақтарының аумағын жаңа әдістемелік негізде сейсмикалық шағынаудандастыру картасын әзірлеудің өткір қажеттілігі туындады, бұл балдағы жерсілкінісі қарқындылығы қатары мен ең көп қарқындылықты жерсілкінісін қайталауы топырақтардың қала аумағының жеке учаскелері бойынша тербелуінің спектрльды сипаттамалары көрініс береді.*

**Тірек сөздер:** *сейсмикалық шағынаудандастыру, балл, жылдамдықтың шегі, топырақ категориялары, көлденең толқын жылдамдығы, реакция спектрлері, акселерограмма.*

*Nowadays the development of Almaty city occurs in the complex conditions. The boundaries of the city have been expanded and continuous to expand. The existing map of the seism micro zoning of the territory of Almaty has revealed its inefficiency for the purposes of seismic risk assessment. Thus, there is acute need for cartography of the seismo micro zoning the territory of Almaty and suburban areas on a new methodical foundation, where along the intensity of earthquakes in points and earthquakes periodicity of maximum intensity will be reflected the spectral characteristics fluctuations of the soils from selected sites of the city.*

**Keywords:** *seismic micrizoning, point, peak acceleration, the soil category, the speed of shear wave/ the speed of transverse waves, spectra of the reaction, accelerogram.*

Действующая карта сейсмического микрорайонирования территории г.Алматы была составлена более 30 лет тому назад в советский период по старой упрощенной методике, где применяется детерминистский подход. На карте сейсмического микрорайонирования

отражается только интенсивность сотрясения, участков в баллах и повторяемость. Этот подход не принимается международным сейсмологическим и строительным сообществами.

На данный момент появились новые методики и технологии разработки карт. Если в странах СНГ для территории принимается только одна карта сейсмического микрорайонирования, то по Европейским стандартам требуется разработка для той же территории комплекта из 8–9 карт сейсмического микрорайонирования, где отражаются детерминистский, вероятностные характеристики сейсмической опасности, а также физические характеристики колебания среды в терминах пиковых ускорений.

Согласно Поручению Президента РК Н.А.Назарбаева (Протокол совещания с участием Президента Республики Казахстан №01–7.5 от 12 мая 2011 года) ТОО «Институт сейсмологии» в январе 2012 года приступил к разработке *Карты сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы на новой методической основе* по международным стандартам. На 1 января 2012 года площадь территории г. Алматы составляла 35080 га. Применительно к этой территории были определены сроки исполнения и затраты. По программе карта должна была быть завершена в 2014 году по указанной территории г. Алматы.

При выполнении программы возникли два основные непреодолимые форс-мажорные обстоятельства.

Во-первых, запланированное финансирование даже на площадь территории города Алматы в 35 080 га не было обеспечено в полном объёме.

Во-вторых, в период с начала работы над темой территория города расширилась в 2 раза. Так, 21 сентября 2012 года по Указу Президента Республики Казахстан Н.А.Назарбаева №385 территория города увеличилась на 11920 га и 17 апреля 2014 Указом Президента №798 расширена площадь города дополнительно на 23200 га. Таким образом, новая территория города Алматы увеличена в 2 раза и составляет 70200 га.

Новые присоединённые к городу территории в сеймотектоническом и инженерно-геологическом отношении практически не исследованы. Требуется комплекс взаимосвязанных научно- и трудоёмких полевых и камеральных работ на новых территориях: бурение сотен новых скважин, отбор кернов, лабораторные испытания кернов, обработка, анализ и интерпретация полученных данных; проведения геофизических профилей для определения скоростного разреза исследуемых участков; топографическое обеспечение новых территорий с выделением геоморфологии; проведение картирования тектонических разломов присоединённых территорий; оценка сейсмических воздействий по инструментальным данным; георадарная съёмка новой территории и обработка космических GPS-данных; комплексная обработка сеймотектонических, инженерно-геологических, геофизических и космических данных; составление инженерно-геологических карт, категории грунтов, районирования территории по скоростям прохождения сейсмических волн; тектонической карты зон разломов; карты оползнеопасных участков города; комплекта карт (детерминистской, вероятностной) сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы на новой методической основе с учётом перспективного плана развития города, карт пиковых ускорений грунта всей территории г. Алматы.

Учитывая необходимость применения совершенно нового подхода и международного опыта при разработке карт сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы на новой методической основе ТОО «Институт сейсмологии» привлёк к исполнению программы крупнейшие исследовательские организации как

Казахстана – ТОО «Казахский геотехнический институт инженерных изысканий» (КазГИИЗ), Институт геофизических исследований Комитета атомной энергии (ИГИ КАЭ), АО «КазНИИСА», ТОО «MosKazGlobal», ТОО «СОМЗ», так и зарубежные – Международный геофизический центр им. Гельмгольца Германии (GFZ), Центрально-Азиатский институт исследования Земли, Германия-Кыргызстан (ЦАИИЗ).

Для изучения микроколебаний и пиковых ускорений территории города были завезены в начале 2014 года из GFZ (Германия) – 10 широкополосных сейсмических станций, из ЦАИИЗ (Кыргызстан) – 6 широкополосных сейсмических станций. Все эти станции были установлены по всей территории города. Работы велись по методике GFZ, при этом учёные Германии принимали активное участие в работе по изучению, методам сбора информации. Следует особо отметить то обстоятельство, что всё оборудование, сейсмические станции, сопутствующая к ним аппаратура, программные средства были переданы в ТОО «Институт сейсмологии» на длительное пользование на бесплатной основе. Наряду с этим благодаря международному авторитету директора ТОО «Институт сейсмологии», эксперта ЮНЕСКО Абаканова Т. GFZ повысило квалификацию по использованию новых технологий 3-м специалистам Института в г. Потсдам.

Для реализации Поручения Президента РК Н. А. Назарбаева возникла острая необходимость проведения второго этапа работ с соответствующим рассмотрением его на ННС и РБК по программе: «Разработка карты сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы на новой методической основе (второй этап – с учетом перспективного плана развития г. Алматы) на 2015–2017 годы». При этом работа будет завершена в декабре 2017 года. Программа на 2015–2017 годы передана в Комитет науки МОН РК.

Как видно из изложенного по объективным причинам окончательно карты сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы не могли быть разработаны в 2014 году. Многие вопросы могут быть решены воедино для всей территории города в новых границах.

В 2016 году были разработаны:

- карта инженерно-геологического районирования территории г. Алматы;
- карта категорий грунтов по сейсмическим свойствам территории до глубины 10,0 м;
- карта категорий грунтов по сейсмическим свойствам территории до глубины 30,0 м;
- карта скоростей распространения поперечных волн в 10-ти метровой толще грунтов на территории г. Алматы;
- карта скоростей распространения поперечных волн в 30-ти метровой толще грунтов на территории г. Алматы;
- гидрогеологическая карта-схема г. Алматы;
- карта территории г. Алматы с указанием тектонических разломов;
- карты сейсмического микрорайонирования в детерминистской и вероятностной постановках;
- вероятностные карты в терминах пиковых ускорений.

Наряду с этим получен, обработан и интерпретирован огромный фактологический материал по микроколебаниям всей территории г. Алматы, который используется для создания карт сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы с учётом его перспективного развития.

Итогом реализации Программы: «Разработка карты сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы на новой методической основе (второй этап – с учётом перспективного плана развития г. Алматы) на 2015–2017 годы» явится получение следующих новых результатов:

- в 2016 году комплект карт сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы на новой методической основе с учётом перспективного плана развития города: карта активных тектонических разломов территории г. Алматы и окрестностей, карта ожидаемой сейсмической интенсивности по шкале MSK-64, карты ожидаемых параметров сейсмических колебаний с указанием их вероятности (уровень максимальных амплитуд ускорений, соответствующие им периоды колебаний, ширина спектров реакции, набор акселерограмм) с Пояснительной запиской.

В связи с требованием МОН РК сократить выполнение работ на один год и сдать отчёт в 2016 году, нами предпринимаются усилия по завершению и передаче заказчику в лице Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан научно–практических работ по разработке карт СМР территории г. Алматы в 2016 году.

При этом, в 2017 году была запланирована разработка строительных норм и правил (СНиП) «Застройка города Алматы с учетом сейсмического микрорайонирования на новой методической основе» совместно с КазНИИСА.

С чем это связано? Указанные карты разрабатываются в рамках международных стандартах – Еврокод 8.

Указанная работа выполняется по прямому Поручению Президента Н.А. Назарбаева и в рамках реализации «49-го шага Внедрения системы Еврокодов взамен устаревших строительных норм и правил», которые являются составной частью «100 конкретных шагов для реализации 5 (пяти) институциональных реформ Н.А. Назарбаева». В данной работе кроме ТОО «Институт сейсмологии» привлекались следующие специализированные организации: КазГИИЗ, КазНИИСА, ИГИ, Международный геофизический центр им. Гельмгольца ФРГ и другие.

Новые карты СМР в рамках Еврокода 8 в корне отличаются от старых карт СМР, общепринятых в СНГ и Республике Казахстан, которые не соответствуют современным международным стандартам. По старой методике выпускалась только одна карта СМР, где указывалась сейсмичность площадки строительства в баллах и грунтовые условия.

Использовать напрямую результаты новых карт СМР для проектировщиков и строителей затруднительно, так как по новой методике используется комплект карт в детерменистской постановке, в вероятностной постановках с различным уровнем вероятности повторяемости землетрясений, вероятностной постановках в терминах пиковых ускорений. Наряду с этим по старой методике принято три категории грунтов. В новой же постановке принято семь категорий грунтов. Пиковые ускорения грунтов по старой методике вообще не рассматриваются.

Для использования новых карт СМР территории г. Алматы необходимо разработать в 2017 году СНиП по их использованию для ведения обоснованной градостроительной политики при реконструкции, проектировании и строительстве зданий и сооружений на территории г. Алматы.

Карты сейсмического микрорайонирования территории города Алматы в международных стандартах будут служить для:

- создания инвестиционного климата и привлечения иностранных инвесторов в строительную индустрию г. Алматы;

- ведения научно-обоснованной политики при планировании сноса, сейсмоусилении и реконструкции имеющихся объектов, а также при проектировании и новом строительстве;
- разработки рекомендаций по научно-обоснованной корректировке генерального плана развития города Алматы;
- обеспечения сейсмической безопасности населения и объектов строительства.

*Поступила 3 сентября 2016 г.*

УДК 550.834 (088.8)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ФОНЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 2012-2014 ГГ.

Зубова О.А.<sup>1</sup>, Ким Д.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

e-mail: kimds@gmx.com, o.zubova@kazgasa.kz

*В статье представлена хроника сейсмических событий, произошедших в Алматинской области Республики Казахстан с 2012 по 2014 годы. Регистрация подземных толчков производилась с Алматинской станции сейсмического наблюдения при помощи сейсмодатчика, радиометра и бесконтактного кондуктометра, одновременное использование которых позволило проследить взаимосвязь между различными геофизическими параметрами, изменяющимися при возникновении землетрясения. В качестве предвестников землетрясения рассмотрены такие параметры, как изменение скорости продольных волн, регистрируемое сейсмодатчиком, изменение объёмной активности инертного радона в приземном слое атмосферного воздуха, измеряемое радиометром, и изменение электропроводности почвы, определяемое кондуктометром. В виду технической сложности измерения колебаний уровня земной поверхности, также свидетельствующих о возможном приближении землетрясения, данный параметр не рассматривался в качестве предвестника сейсмического события.*

**Ключевые слова:** сейсмическое событие, предвестник землетрясения, сейсмодатчик, эквивалентная равновесная объёмная активность радона, электропроводность почвы.

*Мақалада Қазақстан Республикасы Алматы облысының 2012-2014 жылдардағы сейсмикалық оқиғаларының хроникасы сипатталған. Алматы сейсмикалық қадағалаудың бекетінен жерасты түрткінің тіркеу сейсмикалық датчикпен, радиометрмен және контактсыз кондуктометрмен өндірілген. Осы аспаптың кешенді игерушілігі жер сілкінісі барысында өзгертін түрлі геофизикалық параметрлердің арасында өзара байланысты бақылау қойды. Ара сапа жер сілкінісінің алғашқы хабаршыларының келесі параметрлері зерттеді: сейсмикалық датчикпен тіркелетін бойлық толқынның жылдамдығының өзгерісі, радиометрмен өлшететін жан жердің атмосфералық ауаның қабатында радонның бейтарап көлемді белсенділігінің өзгерісі және кондуктометрмен анықтайтын жер электрөткізгіштігінің өзгерісі. Туралы жер сілкінісінің ықтимал жанасушылығында қуғандыру жер беті деңгейінің өзгерісі өлшеу техникалық күрделілігінің ара көрінісі, осы параметр сейсмикалық уақиғаның ара сапа алғашқы хабаршысының қарастырылмады.*

**Тірек сөздер:** сейсмикалық оқиға, жер сілкінісі болжамдарын, сейсмикалық датчигі, радонның эквиваленттік теңсалмақты көлем белсенділігі, топырақтың электрөткізгіштігі.

*The article presents a chronicle of seismic events in Almaty region of the Republic of Kazakhstan since 2012 to 2014. Underground shocks have been registered at the Almaty seismic monitoring station by means of seismic sensor, radiometer and contactless conductivity meter. Simultaneous usage of the above three devices has made possible tracing the relationship between various geophysical parameters changing when an earthquake occurs. As an earthquake forerunners there had been described the following parameters:*

*longitudinal waves' speed alteration, being registered by seismic sensor, alteration of the volume activity of inert radon in the ground-level air, being measured by radiometer, and soil electrical conductivity alteration, being identified by conduct meter. In view of the technical complexities of registration of the ground surface alteration, that indicates the possibility of approaching earthquake, the above parameter was not described as seismic event presager.*

**Keywords:** *seismic event, earthquake presager, seismic sensor, equivalent equilibrium volume activity of radon, electrical conductivity of soil.*

*Исходные данные.* Интенсивные геодинамические процессы, обусловленные неотектонической активизацией, формируют достаточно высокую сейсмическую активность в самых густонаселённых и промышленно развитых областях Республики Казахстан – южной и юго-восточной. Вся территория страны в зависимости от сейсмометрических, геолого-геофизических и других параметров разделена на четыре тектонических региона: Алтай-Тарбагатайский, Джунгаро-Северотяньшаньский, Каратау-Таласский и Прикаспийский.

Крупнейшими сейсмическими событиями, произошедшими в пределах наиболее сейсмоактивного пояса, простирающегося от Присырдарьинских Кара-Кум на западе, через Северный Тянь-Шань, до Рудного Алтая на северо-востоке республики, считаются Чиликское (1889 г.) и Кеминское (1911 г.) землетрясения, магнитуда которых превысила отметку «8» на шкале Рихтера. Средняя повторяемость сильных землетрясений в различных регионах Казахстана весьма неоднородна. В силу природных особенностей практически все районы страны с развитой инфраструктурой расположены вблизи потенциально опасных зон с магнитудой ожидаемых землетрясений от 6,0 до 8,0. Так, магнитуда Жаланаш-Тюпского (1978 г.) и Зайсанского (1990 г.) землетрясений составила 6,8; Байсорунского (1990 г.) – 6,3. Всего в зоне сейсмической опасности расположено 27 городов и более 400 населенных пунктов республики, в которых проживает более 6 миллионов человек [3].

Как и в других сейсмоопасных регионах мира, в Казахстане главной проблемой, связанной с землетрясениями, является их прогнозирование.

*Методы исследования.* Определить геофизические характеристики, время и место возникновения каждого сейсмического события в определённом сейсмически опасном регионе позволяет краткосрочный прогноз, который на сегодняшний день производится посредством мониторинга одного из наиболее достоверных предвестников землетрясений – изменения скорости продольных волн. Чувствительные элементы современных сейсмодатчиков, в основном, реагируют именно на изменение скорости продольных волн, или первичных Р-волн, скорость распространения которых может составлять около 8 км/с. Типичная сейсмологическая акселерограмма содержит первичные (продольные) Р-волны, вторичные (поперечные) S-волны, а также длинные (поверхностные) L-волны.

Если распознать Р-волны и S-волны на акселерограмме и измерить временной интервал между их приходами, можно легко установить расстояние до очага землетрясения. Для этого используются специальные графики – годографы, – выражающие зависимость времени пробега сейсмических волн от расстояния между эпицентром землетрясения и станцией сейсмического наблюдения. Интервал времени между приходом Р- и S-волн позволяет определить расстояние от станции сейсмического наблюдения до эпицентра землетрясения. Если установить расстояния не от одной, а от нескольких сейсмостанций, можно обнаружить положение эпицентра землетрясения.

Установив эпицентрально расстояние и измерив на диаграмме амплитуду сейсмических колебаний, графически определяют магнитуду землетрясения.

Сейсмодатчики, используемые на казахстанских станциях сейсмического наблюдения, состоят из корпуса, чувствительного элемента в виде мембраны с пьезоэлементами, включающего преобразователь и удлинители, опорных элементов и упругого герметизирующего материала [2]. Конструкция сейсмодатчика позволяет устранить зависимость его чувствительности от состояния окружающего грунта благодаря тому, что при установке в грунт жёсткая конструкция чувствительного элемента воспринимает колебания частиц грунта одновременно двумя опорными элементами. Поскольку расстояние между опорными поверхностями, равное длине корпуса, остаётся неизменным и независимым от состояния окружающего грунта, то и чувствительность сейсмодатчика остаётся постоянной, независимо от сезонных или климатических условий его работы. Кроме того, чувствительный элемент сейсмодатчика дополнительно изолирован от влияний механического состояния окружающей среды при помощи герметика типа УТ-32, сохраняющего упругие свойства в широком диапазоне температур от  $-60$  до  $+130$  °С.

Сейсмодатчик, установленный в грунт, опорными элементами воспринимает колебания частиц грунта, появляющиеся в момент прохождения сейсмических волн. Чувствительный элемент, закреплённый жёстко между опорными элементами и герметично установленный в корпусе, через мембрану с пьезоэлементами, воспринимает колебания опорных элементов, преобразуя их в электрические сигналы соответственно воздействию сейсмических волн [2]. Для подключения сейсмодатчика к силовой сети предусмотрены электрические выводы, а для передачи данных на компьютеризированную рабочую станцию – интерфейсный кабель.

В последние 15–20 лет появилось немало теорий о возможности краткосрочного прогнозирования землетрясений не только по изменению скорости продольных волн, но и по таким предвестникам, как:

- изменение уровня земной поверхности;
- изменение интенсивности почвенного выделения инертного радона;
- изменение электропроводности почвы.

Изменение уровня земной поверхности с трудом поддаётся измерению до возникновения непосредственно сейсмического события, поэтому, хоть сейсмологические станции могут быть оснащены топогеодезическим оборудованием, оно мало способствует принятию превентивных мер по эвакуации людей и стратегических объектов экономики из населённых пунктов, подверженных разрушению вследствие возможного землетрясения.

Измерение удельной электропроводности почвы чаще проводят для оценки её плодородия, зависящего от структуры и глубины пахотного слоя, ёмкости катионного обмена (СЕС), кислотности, водоудерживающей способности, содержания органических веществ, концентрации солей и от других характеристик. Тем не менее, помимо народнохозяйственных целей, измерение электропроводности почвы может также производиться для средне- и краткосрочного прогноза возникновения сейсмических событий. Для измерения электропроводности почвы используются кондуктометры с контактными и бесконтактными сенсорами.

В контактном сенсоре в качестве электродов используются щупы, которые опускаются в почву и замеряют её электропроводность. Всего на панели устанавливаются несколько пар таких щупов; на одну пару (передающие электроды) подаётся напряжение, остальные (принимающие электроды) служат для измерения падения напряжения между ними. Электропроводность почвы фиксируется регистратором данных одновременно с

информацией о месте замера. Эту информацию предоставляет регистратору система глобального позиционирования (GPS).

Недостаток контактных сенсоров – в их громоздкости, поэтому они используются преимущественно в сельском хозяйстве. Для регистрации изменений электропроводности почвы в целях прогнозирования сейсмических событий более уместно применение бесконтактных сенсоров электропроводности, работающих по принципу электромагнитной индукции. Бесконтактный сенсор состоит из передатчика (трансммитера) и принимающей (приемной) катушки, устанавливаемых на противоположных концах устройства. Под воздействием электрического поля трансмиттера в приемной катушке индуцируется электрический ток, который можно измерить. Сила этого тока пропорциональна электропроводности почвы. Во избежание помех трансмиттер и приемная катушка устанавливаются на неметаллическую основу. Передающая катушка создает электрическое поле, которое взаимодействует с почвой. Чем выше электропроводность почвы, тем больше она способствует распространению поля [1].

В работах по сейсмическому наблюдению был использован цифровой многочастотный бесконтактный сенсор GEM-2 производства фирмы Georhex, способный замерять электропроводность на разных глубинах и в разных типах почвы.

Для определения уровня эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) радона использована экспрессная альфа-спектрометрическая методика, включающая в себя отбор проб воздуха путём прокачки через фильтр и измерение фильтра с помощью полупроводникового детектора. Нижний порог измерения ЭРОА радона может меняться в пределах  $1 \div 4$  Бк/м<sup>3</sup>.

В настоящее время в странах СНГ для измерения ЭРОА радона и его дочерних продуктов (ДПР) широко применяют прямопоказывающий радиометр «Рамон» производства ТОО «СОЛО ЛТД.» (Республика Казахстан).

Длительность полного цикла измерения ЭРОА радона с помощью прибора «Рамон» составляет 4 минуты и состоит из равных двухминутных интервалов пробоотбора со скоростью 30 л/мин и измерением пробы со спектрометрического фильтра АФА-РСП-20 полупроводниковым детектором (ППД) площадью 20 см<sup>2</sup>. «Рамон» обладает широким диапазоном измерений ЭРОА радона – от 4 до  $5 \cdot 10^5$  Бк/м<sup>3</sup> [4].

Использование в радиометре «Рамон» фильтра АФА-РСП-20 площадью 20 см<sup>2</sup> при заданной скорости пробоотбора позволяет проводить измерения ЭРОА изотопов радона в условиях запылённости при концентрации пыли до 600 мг/м<sup>3</sup>, при этом эффективность осаждения пыли на фильтр составляет менее 2 мг/см<sup>2</sup>, что исключает эффект самопоглощения альфа-излучения в пробе. При измерениях объёмной активности (ОА) радона в приборе «Рамон» используется камера с электростатическим осаждением продуктов распада радона на сменный носитель с последующим измерением активности самого носителя, что исключает возможность радиоактивного загрязнения прибора и не ограничивает начало времени проведения повторного измерения при любых значениях ОА радона.

Таким образом, для более объёмного прогноза землетрясений, основанного на измерении скорости продольных волн, ЭРОА радона в приземном слое атмосферного воздуха и электропроводности почвы, были использованы: сейсмодатчик, реагирующий на предшествующие землетрясению волны сжатия [2], кондуктометр с бесконтактным сенсором GEM-2 [1] и альфа-радиометр «Рамон» [4] со встроенным воздухозаборным агрегатом и полупроводниковым детектором.

*Результаты исследования.* Мониторинг землетрясений, произошедших в Алматинской области Республики Казахстан, проводился в период с февраля 2012 г. по декабрь 2014 г. Данные о магнитудах землетрясений и о сопутствовавших им изменениях электропроводности почвы и ОА радона, зарегистрированных на станциях сейсмического наблюдения, представлены в таблице.

Таблица – Результаты мониторинга сейсмических событий в Алматинской области Республики Казахстан с февраля 2012 г. по декабрь 2014 г.

| Дата сейсмического события | Расстояние от эпицентра землетрясения до г.Алматы | Глубина фокуса ( $\phi$ , км) | Расстояние от эпицентра до станции сейсмического наблюдения ( $R$ , км) | Магнитуда землетрясения по Рихтеру ( $m_p$ , безразм.) | Изменение объёмной активности радона на станции сейсмического наблюдения ( $\Delta_A$ , Бк/м <sup>3</sup> ) | Изменение электропроводности почвы на станции сейсмического наблюдения ( $\Delta_S$ , мСм/см) |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|--|---|---|
| 1                          | 2   | 3                             | 4   | 5  | 6   | 7   |
| 19.02.2012                 | 41 км к СЗ  | 1                             | 41  | 4,2  | 200   | 0,71  |
| 10.03.2012                 | 141 км к З  | 1                             | 141   | 3,5  | 165   | без измен.  |
| 22.03.2012                 | 298 км к З  | 1                             | 298   | 3,8  | 180   | без измен.  |
| 28.03.2012                 | 130 км к В  | 2                             | 130   | 3,7  | 200   | без измен.  |
| 15.04.2012                 | 84 км к В   | 2                             | 84  | 3,3  | 250   | 0,32  |
| 17.05.2012                 | 128 км к ЮВ                                       | 1                             | 128   | 4,2  | 240   | без измен.  |
| 31.05.2012                 | 147 км к В  | 25                            | 147   | 5,7  | 200   | без измен.  |
| 21.06.2012                 | 170 км к СВ                                       | 1                             | 170   | 3,4  | 190   | без измен.  |
| 28.07.2012                 | 21 км к Ю   | 5                             | 21  | 3,4  | 500   | 0,65  |
| 03.08.2012                 | 110 км к Ю  | 6                             | 110   | 3,2  | 480   | 0,13  |
| 15.08.2012                 | 144 км к ЮВ                                       | 1                             | 144   | 3,2  | 435   | без измен.  |
| 11.09.2012                 | 192 км к ЮВ                                       | 1                             | 192   | 4,1  | 215   | без измен.  |
| 13.10.2012                 | 106 км к В  | 1                             | 106   | 3,4  | 220   | 0,17  |
| 21.11.2012                 | 100 км к З  | 1                             | 100   | 3,8  | 300   | 0,18  |
| 28.11.2012                 | 163 км к ЮВ                                       | 1                             | 163   | 5  | 200   | без измен.  |
| 05.12.2012                 | 113 км к В  | 1                             | 113   | 4,7  | 100   | 0,16  |
| 13.12.2012                 | 111 км к ЮВ                                       | 15                            | 111   | 3,8  | 75  | 0,15  |
| 23.12.2012                 | 156 км к С  | 1                             | 156   | 4,1  | 110   | без измен.  |
| 03.01.2013                 | 90 км к В   | 10                            | 90  | 3,6  | 130   | 0,24  |

Продолжение таблицы

|            |             |    |     |     |     |            |
|------------|-------------|----|-----|-----|-----|------------|
| 07.01.2013 | 282 км к СВ | 10 | 282 | 4,8 | 10  | без измен. |
| 28.01.2013 | 227 км к В  | 2  | 227 | 6,3 | 20  | без измен. |
| 29.01.2013 | 225 км к ЮВ | 10 | 225 | 6,6 | 40  | без измен. |
| 30.01.2013 | 100 км к В  | 15 | 100 | 4,2 | 140 | 0,13       |
| 01.02.2013 | 226 км к ЮВ | 10 | 226 | 4,1 | 50  | без измен. |
| 19.02.2013 | 231 км к ЮВ | 15 | 231 | 5,2 | 50  | без измен. |
| 25.02.2013 | 236 км к ЮВ | 5  | 236 | 3,4 | 60  | без измен. |
| 26.02.2013 | 220 км к ЮВ | 10 | 220 | 4,1 | 50  | без измен. |
| 01.05.2013 | 236 км к В  | 1  | 236 | 4,2 | 120 | без измен. |
| 10.05.2013 | 217 км к ЮВ | 10 | 217 | 4,3 | 100 | без измен. |
| 21.05.2013 | 247 км к СВ | 5  | 247 | 4,3 | 130 | без измен. |
| 06.06.2013 | 115 км к ЮЗ | 15 | 115 | 4,5 | 200 | 0,21       |
| 07.06.2013 | 32 км к ЮЗ  | 2  | 32  | 3,9 | 550 | 0,58       |
| 08.06.2013 | 260 км к В  | 1  | 260 | 4,6 | 40  | без измен. |
| 06.07.2013 | 86 км к ЮВ  | 1  | 86  | 3,5 | 530 | 0,33       |
| 14.07.2013 | 159 км к СЗ | 5  | 159 | 4,3 | 380 | без измен. |
| 08.08.2013 | 150 км к С  | 5  | 150 | 4   | 240 | без измен. |
| 15.08.2013 | 78 км к ЮЗ  | 5  | 78  | 3,8 | 350 | 0,59       |
| 31.08.2013 | 240 км к СВ | 20 | 240 | 4,7 | 100 | без измен. |
| 18.09.2013 | 190 км к СВ | 2  | 190 | 3,9 | 185 | без измен. |
| 20.09.2013 | 111 км к ЮЗ | 10 | 111 | 4,9 | 150 | без измен. |
| 21.09.2013 | 145 км к Ю  | 20 | 145 | 4   | 90  | без измен. |
| 24.09.2013 | 60 км к С   | 10 | 60  | 4,4 | 320 | 0,52       |
| 17.10.2013 | 175 км к ЮЗ | 20 | 175 | 4,3 | 80  | без измен. |
| 15.11.2013 | 259 км к ЮВ | 10 | 259 | 4,9 | 40  | без измен. |
| 23.11.2013 | 139 км к ЮЗ | 20 | 139 | 4,5 | 70  | 0,10       |
| 23.11.2013 | 216 км к ЮВ | 10 | 216 | 3,9 | 50  | без измен. |
| 23.11.2013 | 133 км к ЮЗ | 5  | 133 | 5,5 | 85  | 0,11       |
| 24.11.2013 | 303 км к В  | 1  | 303 | 4,2 | 30  | без измен. |
| 24.11.2013 | 269 км к ЮВ | 5  | 269 | 4,5 | 30  | без измен. |
| 19.12.2013 | 155 км к СВ | 25 | 155 | 3,9 | 40  | без измен. |
| 07.01.2014 | 152 км к В  | 20 | 152 | 4,2 | 50  | без измен. |
| 16.01.2014 | 227 км к В  | 1  | 227 | 4,1 | 90  | без измен. |
| 13.02.2014 | 137 км к ЮЗ | 2  | 137 | 4,1 | 80  | без измен. |
| 16.02.2014 | 102 км к ЮВ | 10 | 102 | 4,6 | 85  | 0,11       |
| 16.03.2014 | 130 км к ЮВ | 15 | 130 | 5,1 | 100 | без измен. |
| 05.04.2014 | 88 км к СВ  | 10 | 88  | 4,0 | 200 | 0,43       |
| 25.04.2014 | 63 км к ЮВ  | 5  | 63  | 4,0 | 290 | 0,51       |

Продолжение таблицы

|            |             |    |     |           |     |            |
|------------|-------------|----|-----|-----------|-----|------------|
| 02.05.2014 | 140 км к ЮВ | 15 | 140 | 4,0       | 245 | без измен. |
| 11.05.2014 | 68 км к С   | 15 | 68  | 3,9       | 260 | 0,46       |
| 12.05.2014 | 233 км к ЮВ | 15 | 233 | 3,9       | 165 | без измен. |
| 28.05.2014 | 194 км к ЮЗ | 5  | 194 | 4,7       | 155 | без измен. |
| 01.06.2014 | 165 км к СВ | 24 | 165 | 4,0       | 145 | без измен. |
| 08.07.2014 | 203 км к ЮВ | 10 | 203 | 4,7       | 180 | без измен. |
| 27.07.2014 | 302 км к СВ | 5  | 302 | 4,3       | 100 | без измен. |
| 31.07.2014 | 125 км к СЗ | 10 | 125 | 4,6       | 120 | без измен. |
| 09.08.2014 | 92 км к В   | 10 | 92  | 4,5       | 300 | 0,34       |
| 13.08.2014 | 270 км к Ю  | 15 | 270 | 4,5       | 150 | без измен. |
| 14.08.2014 | 277 км к ЮВ | 20 | 277 | 4,3       | 150 | без измен. |
| 16.08.2014 | 41 км к В   | 10 | 41  | 5,6       | 580 | 0,68       |
| 18.08.2014 | 203 км к ЮВ | 5  | 203 | 3,8       | 230 | без измен. |
| 24.08.2014 | 277 км к ЮВ | 25 | 277 | 4,3       | 180 | без измен. |
| 30.08.2014 | 43 км к ЮВ  | 10 | 43  | 3,9       | 530 | 0,72       |
| 30.08.2014 | 30 км к ЮВ  | 10 | 30  | 4,2       | 470 | 0,75       |
| 13.09.2014 | 141 км к ЮВ | 1  | 141 | 3,8       | 185 | без измен. |
| 14.09.2014 | 160 км к С  | 5  | 160 | 4,4       | 180 | без измен. |
| 15.09.2014 | 248 км к ЮВ | 10 | 248 | 5,0       | 170 | без измен. |
| 19.09.2014 | 226 км к ЮЗ | 10 | 226 | 3,8       | 165 | без измен. |
| 25.09.2014 | 240 км к З  | 14 | 240 | 4,8       | 165 | без измен. |
| 14.10.2014 | 342 км к ЮВ | 1  | 342 | 4,8       | 65  | без измен. |
| 08.11.2014 | 275 км к ЮВ | 5  | 275 | 4,7       | 75  | без измен. |
| 14.11.2014 | 106 км к Ю  | 47 | 106 | 5,6 – 6   | 100 | 0,10       |
| 14.11.2014 | 129 км к Ю  | 20 | 129 | 4,2 – 5,3 | 125 | без измен. |
| 26.11.2014 | 12 км к Ю   | 10 | 12  | 4,2       | 360 | 0,79       |
| 04.12.2014 | 31 км к ЮВ  | 15 | 31  | 4,7       | 350 | 0,76       |
| 07.12.2014 | 198 км к ЮВ | 20 | 198 | 4,6       | 125 | без измен. |
| 11.12.2014 | 77 км к В   | 30 | 77  | 4,5       | 220 | 0,57       |
| 17.12.2014 | 78 км к ЮЗ  | 15 | 78  | 4,4       | 250 | 0,63       |

*Обсуждение результатов.* Как показывают результаты сейсмического мониторинга, представленные в таблице 1, достаточно сложно установить чёткую взаимосвязь между изменением концентрации радона в приземном слое атмосферы и геофизическими характеристиками сейсмического события. Трудности обусловлены неоднородностью грунтов в различных районах Алматинской области, а также сильной зависимостью значений ЭРОА радона от температуры (среднее значение и амплитуда колебания, разность температур почвы и атмосферы), атмосферного давления, погодных-климатических условий, типа и интенсивности осадков, (снег, дождь, туман), времени суток и сезона года [5].

Так, величина ЭРОА радона в Алматинской области Казахстана способна изменяться в течение года в среднем на  $200 \text{ Бк/м}^3$ , достигая минимума зимой и максимума – летом. Сезонные колебания концентрации радона происходят не только в атмосфере, но и в почве, особенно на малых глубинах. Суточные колебания ЭРОА радона связаны с тем, что при низкой температуре коэффициенты диффузии «газ-газ» малы, и активность радона в ночное время выше, чем днём. Кроме того, с понижением температуры увеличивается растворимость радона в воде, повышается его способность аккумулироваться в снегу, поэтому во время и в первые часы после выпадения осадков ЭРОА радона уменьшается, зато перед дождём, градом или снегопадом концентрация радона резко возрастает. При уменьшении атмосферного давления выход радона увеличивается, а во время таяния снегов и образования льда эманация радона, фактически, становится равной нулю.

Из таблицы 1 следует, что зависимость ЭРОА радона от таких геофизических параметров землетрясения, как магнитуда и глубина залегания фокуса – прямо пропорциональная, а эпицентральное расстояние, напротив, обратно пропорционально приземной концентрации радона.

Изменение удельной электропроводности почвы, как следует из данных сейсмического мониторинга, представленных в таблице 1, зависит, главным образом, от расстояния между эпицентром землетрясения и сейсмостанцией. При нахождении эпицентра сейсмического события более, чем в 100 км от алматинской сейсмостанции, установленный на ней кондуктометр не регистрировал отклонений удельной электропроводности почвы от фонового значения.

*Выводы.* На сегодняшний день изменение скорости продольных сейсмических волн, регистрируемое сейсмодатчиком и позволяющее определить магнитуду, глубину фокуса и расстояние между эпицентром сейсмического события и сейсмостанцией, остаётся единственным надёжным предвестником землетрясения. Отсутствие закономерности в динамике изменений приземной концентрации радона и электропроводности почвы на текущий момент не позволяет рассматривать данные события в качестве предвестников землетрясений, несмотря на то, что они фактически сопутствуют каждому сейсмическому событию, отмеченному в таблице 1.

#### **Литература:**

1. Аканов Э.Н. и др. Способ определения удельной электропроводности почвы. // Патент Российской Федерации RU 2331070, № G01N33/24. – Москва: ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова», 2006. – 3 с.
2. А.с. 1017954 СССР, кл. G 01 N 1/16, рег. №2878906/18-25. – Городовский А.Ф. – М.: Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий, 1983. – С. 3.
3. Нурмагамбетов А.О. О сейсмичности и об уязвимости населения и застройки территории г. Алматы к землетрясениям. // Адилет. – 2012. – № 2. – С. 67–72.
4. Севостьянов В.Н., Абеленцев В.В., Гребенникова Е.В. Инновационное развитие продукции ТОО «СОЛО ЛТД». // Информационное издание ТОО «СОЛО ЛТД». – Алматы: ТОО «СОЛО ЛТД», 2013. – С. 9–11.
5. Уткин В. И., Юрков А. К. Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения. // Доклады РАН. – 1998. – Т. 358, № 5. – С. 675–680.

*Поступила 25 августа 2016 г.*

УДК 544(574): 614.8

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО СПОСОБА ИЗОЛЯЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Зубова О.А.<sup>1</sup>, Ким Д.С.<sup>2</sup>, Мұса К.Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

e-mail: kimds@gmx.com, o.zubova@kazgasa.kz

*В статье дана краткая количественная и качественная характеристика мест хранения и захоронения радиоактивных отходов на территории Республики Казахстан. Рассмотрен вариант удаления высокоактивных отходов ядерного топливного цикла в космос, а именно: изоляция отходов на геоцентрической орбите, лунная локализация, перемещение в ближайшие окрестности Солнца; удаление на гелиоцентрическую орбиту. Представлены экологические и экономические аргументы в пользу изучения перспектив захоронения радиотоксичных отходов за пределами Земли. Обозначены основные проблемы транспортировки и изоляции радиоактивных отходов в космическом пространстве, связанные с локальным разрушением озонового слоя атмосферы Земли, концентрацией особо опасных радиоактивных отходов в отдельных районах космического пространства, возможностью аварии ракетносителя в полете и падения контейнера с отходами на населенные пункты.*

**Ключевые слова:** радиоактивные отходы, ядерный топливный цикл, захоронение отходов, космическое пространство, ракетноситель.

*Мақалада Қазақстан Республикасы аумағында радиоактивті қалдықтарды сақтау және көму орындарына сандық және сапалық сипаттама берілген. Жоғары белсенді ядролық отынды циклді қалдықтарды космоста жою, дәлірек айтқанда, қалдықтарды геоцентрлік орбитада оқшаулау, айлы жұмалдандыру, Күнге жақын аралыққа ығыстыру; геоцентрлік орбитада жою мүмкіндіктерін қарастырған. Радиоуытты қалдықтарды Жерден тыс көмудің келешегін зерттеу пайдасының экологиялық және экономикалық дәлелі келтірілген. Жер атмосферасының озон қабатының жергілікті бұзылуымен, космос кеңістігінің жекелеген бөліктеріндегі аса қауіпті радиоактивті қалдықтардың концентрациясымен, үдеткіштің ұшу кезіндегі мүмкін болатын апатымен және елді-мекендерге ішінде қалдықтарды бар контейнерлердің құлауымен байланысты радиоактивті қалдықтарды космос кеңістігінде тасымалдаудың және оқшалаудың негізгі мәселелері көрсетілген.*

**Тірек сөздер:** радиоактивті қалдықтарды, ядролық отынды цикл, қалдықтарды көму, космос кеңістігі, үдеткіш.

*In the clause there is represented a brief qualitative and quantitative characteristic of the radioactive wastes' storages and burial places in the Republic of Kazakhstan. There is reviewed a method of high-level radioactive waste disposal in the space, in particular on the geocentric orbit, lunar location, movement in the immediate vicinity of the Sun; removal on the heliocentric orbit. There're also represented ecological and economic cases to argue for further investigations of prospect of radiotoxic waste disposal outside the Earth. There're emphasized the general problems of radioactive waste transport and insulation in outer*

*space, associated with a local destruction of the ozone layer of the Earth's atmosphere, the concentration of highly dangerous radioactive waste in some areas of outer space, the possibility of the rocket in-flight accident and the waste-container falling on human settlements.*

**Keywords:** *radioactive waste, nuclear fuel cycle, waste disposal, outer space, launch vehicle.*

Любые отходы, образующиеся в процессе производственной деятельности человека, требуют утилизации (переработки с извлечением возможных полезных компонентов) или захоронения в целях выведения из среды обитания. Отходы деятельности ядерного топливного цикла (ЯТЦ) образуются уже на стадии добычи и первичного обогащения урановых руд. Они обладают невысокой активностью и представлены только естественными радионуклидами. При дальнейшей переработке урана, вплоть до изготовления топливных таблеток и сборок, активность отходов увеличивается, достигая уровня среднеактивных, но значительно уменьшается их массовое количество. Высокоактивные отходы появляются лишь при эксплуатации ядерных реакторов. Объёмы их весьма малы, однако активность велика и обусловлена продуктами деления урана и плутония в реакторах. Кроме того, широкое использование радиоизотопов в промышленности и медицине для диагностики и терапии приводит к накоплению отходов, которые, будучи незначительно загрязненными, являются радиоактивными и в дальнейшем подлежат удалению. На атомных предприятиях, где жидкие радиоактивные отходы перед удалением подвергаются химической обработке, образуется совершенно иной вид отходов. При такой обработке появляются разнообразные отходы, имеющие разную степень загрязнённости, а также отработанные смолы ионно-обменных процессов. Подобные и другие отходы в настоящее время возникают в значительных количествах во многих странах мира.

В Казахстане интенсивная разработка месторождений урана (его запасы в Республике соответствуют 25–30 % мировых) и 40-летние испытания ядерных устройств на Семипалатинском полигоне и других объектах создали огромную массу РАО различной активности. Всего в кадастр РК занесено 529 мест хранения и захоронения РАО, в том числе [1]:

- по уранодобывающей и перерабатывающей отрасли – 127;
- по неуранидобывающим отраслям (нефть, уголь, фосфориты, редкие металлы) – 76;
- по ядерным взрывам – 16;
- по ядерным энергетическим установкам – 5;
- по предприятиям, работающим с продукцией фирмы «Изотоп» – 305.

С учётом расположения радиационно-опасных объектов и инфраструктуры транспортных связей между областями можно выделить 4 региона размещения РАО в Казахстане: Западный, Восточный, Северный и Южный. В этих регионах сконцентрированы, преимущественно, низко- и среднеактивные отходы, количественное распределение которых показано в таблицах 1 и 2.

Основные массы РАО Казахстана образовались на уранодобывающих и перерабатывающих предприятиях (93 % общего объёма РАО промышленности). Административно они расположены в Мангистауской, Кокшетауской, Торгайской, Акмолинской, Жезказганской, Жамбылской, Шымкентской, Кызылординской и Восточно-Казахстанской областях.

Таблица 1 – Размещение низкоактивных РАО по регионам Казахстана

| Регион    | Промышленность |                     | Ядерные взрывы |                       | Реакторы   |                     |
|-----------|----------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------|---------------------|
|           | тысяч тонн     | Бк                  | тысяч тонн     | Бк                    | тысяч тонн | Бк                  |
| Западный  | 121547         | $0,9 \cdot 10^{15}$ | 0,3            | $7,4 \cdot 10^{12}$   | нет        | нет                 |
| Северный  | 59253          | $5,9 \cdot 10^{15}$ | нет            | нет                   | нет        | нет                 |
| Южный     | 33163          | $1,3 \cdot 10^{15}$ | нет            | нет                   | 3          | $185 \cdot 10^{10}$ |
| Восточный | 5451           | $0,1 \cdot 10^{15}$ | 5800           | $430 \cdot 10^{12}$   | нет        | $37 \cdot 10^{10}$  |
| ИТОГО     | 219414         | $8,2 \cdot 10^{15}$ | 5800           | $437,4 \cdot 10^{12}$ | 3          | $222 \cdot 10^{10}$ |

Таблица 2 – Размещение среднеактивных РАО по регионам Казахстана

| Регион    | Промышленность |                      | Ядерные взрывы |                       | Реакторы   |                         |
|-----------|----------------|----------------------|----------------|-----------------------|------------|-------------------------|
|           | тысяч тонн     | Бк                   | тысяч тонн     | Бк                    | тысяч тонн | Бк                      |
| Западный  | 8              | $0,15 \cdot 10^{15}$ | 94             | $9,77 \cdot 10^{15}$  | 9          | $0,72 \cdot 10^{15}$    |
| Северный  | 6              | $0,33 \cdot 10^{15}$ | 1              | $0,13 \cdot 10^{15}$  | нет        | нет                     |
| Южный     | нет            | нет                  | 1              | $0,13 \cdot 10^{15}$  | 0,37       | $0,26 \cdot 10^{15}$    |
| Восточный | 1153           | $0,67 \cdot 10^{15}$ | 6 422          | $466,2 \cdot 10^{15}$ | 0,01       | $0,00004 \cdot 10^{15}$ |
| ИТОГО     | 1167           | $1,15 \cdot 10^{15}$ | 6 518          | $476,2 \cdot 10^{15}$ | 9,38       | $1 \cdot 10^{15}$       |

Отходы от подземных ядерных взрывов депонированы в расплавленной массе горных пород. Поверхностные загрязнения от ядерных взрывов в Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях ( $1,5 \cdot 10^{15}$  Бк) находятся в пределах отчуждения Семипалатинского испытательного полигона. Вне пределов полигона низкоактивные отходы в виде следов цезиевого загрязнения зарегистрированы по всему Восточному региону. Их активность оценивается в  $1,1 \cdot 10^{15} \dots 1,3 \cdot 10^{15}$  Бк [1].

До сих пор для ампульных отходов и загрязнённых радионуклидами оборудования и материалов не существует региональных пунктов захоронения. Они временно содержатся до отправки на захоронение непосредственно на использовавших их предприятиях. Хранилищами РАО обеспечены все ядерные установки. Их заполненность составляет: 80 % – посёлок Алатау г. Алматы, 0,01% – г. Курчатов, 67% – г. Актау [2].

Общий объем радиоактивных отходов в Казахстане составляет 237,2 миллионов тонн, а их суммарная радиоактивность – 573,5 ПБк. Однако, в виду значительно большей производительности и меньшей потенциальной опасности по сравнению с отраслями, использующими традиционные виды топлива, и ядерной медицины, доказавшей эффективность применения радиофармпрепаратов для диагностики и лечения онкологических заболеваний, ядерная индустрия страны прогнозируемо получит интенсивное развитие, что неизбежно приведёт и к увеличению объёмов РАО. Фактически,

образование больших объёмов РАО обуславливает единственную экологическую проблему, связанную с развитием атомной энергетики и промышленности в Казахстане.

Вместе с тем, атомная энергетика является практически безальтернативным источником удовлетворения растущих потребностей человечества в электроэнергии в условиях ограниченности запасов традиционных видов топлива не только в нашей стране, но и во всём мире. Так, вследствие эксплуатации атомных электростанций в мире образуется порядка 10-12 тысяч тонн РАО в год (из них 0,9-1,2 тысяч тонн в год – в странах СНГ), а накопленное к началу 2010 года количество РАО, по данным МАГАТЭ, составило более 300 тысяч тонн.

Для проведения мероприятий по реабилитации зараженных земель, повышения безопасности захоронения РАО и общему оздоровлению радиоэкологической ситуации Казахстану, по оценкам экспертов МАГАТЭ, требуется финансирование в размере 1 миллиарда долларов США. Средства, необходимые для обезвреживания собственных РАО, страны Евросоюза и Соединённые Штаты предлагают заработать, разрешив ввозить и захоранивать радиоактивные отходы иностранного производства, причем в специально построенных хранилищах предполагается захоранивать 99% собственных отходов Казахстана и лишь 1 % отходов из других стран. При цене ввоза 1 барреля РАО в 5000 долларов выручка Казахстана с каждого барреля составит 4000 долларов.

Однако за сравнительно лёгким способом окончательного удаления собственных и ввозимых отходов за счёт иностранного бюджета скрывается ряд проблем, решить которые намного сложнее, чем подсчитать экономическую выгоду от импорта радиоактивного мусора в Казахстан.

Главная проблема заключается в неоднозначности ответа на вопрос о типах радиоактивных отходов, предполагаемых ввозить в Казахстан. Это связано с тем, что определения различных категорий отходов весьма размыты. Наряду с предложенной Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) классификацией отходов на пять категорий, существуют национальные классификации, принятые в различных странах. Например, сторонники захоронения иностранных отходов, говорят о ввозе «низкорadioактивных» и «среднерadioактивных» отходов, мотивируя это тем, что такие отходы не содержат отработавшего ядерного топлива, в состав которого входит плутоний. Согласно британской классификации среднеуровневые отходы могут содержать плутоний, период полураспада которого составляет 24000 лет, и поэтому требуют особого обращения. Наибольшую опасность для человека и окружающей среды представляют высокоактивные отходы в виде продуктов деления (осколочные радиоизотопы) и малых актинидов: нептуния-237, америция-241, юрия-242, йода-129 и технеция-99, активности которых за счёт диффузии через среды захоронения интенсивно передаются по водным и пищевым цепочкам в живые организмы.

Проект ввоза иностранных РАО в республику и захоронения вместе с ними собственных отходов является, несомненно, рентабельным, однако, он был справедливо отклонен Правительством Казахстана, принявшим во внимание все негативные факторы, угрожающие сегодняшнему экологическому благополучию страны.

Однако, в связи с прогнозируемым существенным увеличением в ближайшие годы объёмов образующихся радиоактивных отходов поиск альтернативных вариантов изоляции РАО остаётся весьма актуальным.

Одним из альтернативных вариантов изоляции РАО является их запуск в космическое пространство. Основные исследования в данном направлении проводились в Тихоокеанской северо-западной лаборатории Института Бэтелла (США) совместно с НАСА [3]. Реализация варианта изоляции РАО в космическом пространстве вполне осуществима в Казахстане

благодаря наличию космодрома Байконур, с которого было бы допустимо производить запуски искусственных спутников, несущих на борту средне- и высокоактивные РАО.

Среди возможных траекторий удаления высокоактивных отходов в космическое пространство сегодня рассматриваются следующие [4]:

1) траектория, которая сможет вывести высокоактивные отходы за пределы Солнечной системы;

2) траектория, которая выведет высокоактивные отходы непосредственно на Солнце;

3) траектория, которая выведет высокоактивные отходы непосредственно на Луну;

4) траектория высокой земной (геоцентрической) орбиты, удаленной от поверхности Земли на расстояние примерно 160 тысяч км;

5) траектория солнечной (гелиоцентрической) орбиты, отличной от тех, по которым движутся планеты Солнечной системы.

Изоляция РАО на геоцентрической орбите на сегодняшний день неприемлема, поскольку в настоящее время нет никаких гарантий того, что через 300 лет, когда закончится гарантированный срок безопасной локализации отходов на орбитах Земли, человечество будет располагать средствами космической техники, необходимыми для решения возникшей проблемы.

Лунная локализация РАО требует высоких затрат на создание баз. Кроме того, вследствие близости Луны к Земле, необходимо принимать во внимание непосредственное влияние на Землю процессов, происходящих на Луне.

Перемещение РАО в ближайшие окрестности Солнца связано с рядом проблем экспериментального изучения допустимости применения данного метода, поскольку по непродолжительному воздействию на Солнце невозможно судить о безопасности более длительного пребывания отходов вблизи небесного светила.

Удаление отходов на гелиоцентрическую орбиту также требует серьезного и всестороннего обоснования и достаточного уровня знаний о Космосе; однако на сегодня этот метод представляется наиболее приемлемым как с позиций экологической безопасности, так и с точки зрения требуемых экономических затрат.

Принимая во внимание очень высокую стоимость транспортировки в космос 1 кг твердой материи, соответствующей с проведенными расчётами (в частности, для варианта, использующего высокую орбиту Земли) в среднем 2000 евро [5], считают, что этот метод может реально рассматриваться только применительно к удалению актинидной (трансурановой) фракции высокоактивных отходов. Кроме того, исследование вопросов безопасности и герметизации актинидов показало, что к остаточному содержанию продуктов деления в выделенной фракции актинидов предъявляются очень высокие требования.

При содержании продуктов деления в актинидной фракции в количестве больше 1 % дополнительное экранирование от гамма-излучения и обеспечение устройством для отвода генерируемого тепла приведут к созданию такой системы, в которой полезная транспортная загрузка контейнера-капсулы, содержащей актиниды (т.е. отношение массы отходов к общей массе контейнера) не превысит 1 %, что с экономической точки зрения является неприемлемым. Содержание продуктов деления в актинидной фракции в количестве меньше 1%, как оказалось, существенно не увеличивает вес защитных экранов (по сравнению с теми, которые являются неотъемлемой частью конструкции контейнера и служат для поглощения нейтронов). Полезная транспортная загрузка контейнеров в этом случае повышается до 5–8 %, что существенно понижает стоимость операции транспортировки отходов в космос и,

соответственно, значительно улучшает конечные экономические показатели всего топливного цикла. На рисунке 1 показана связь между всеми этими параметрами [6].

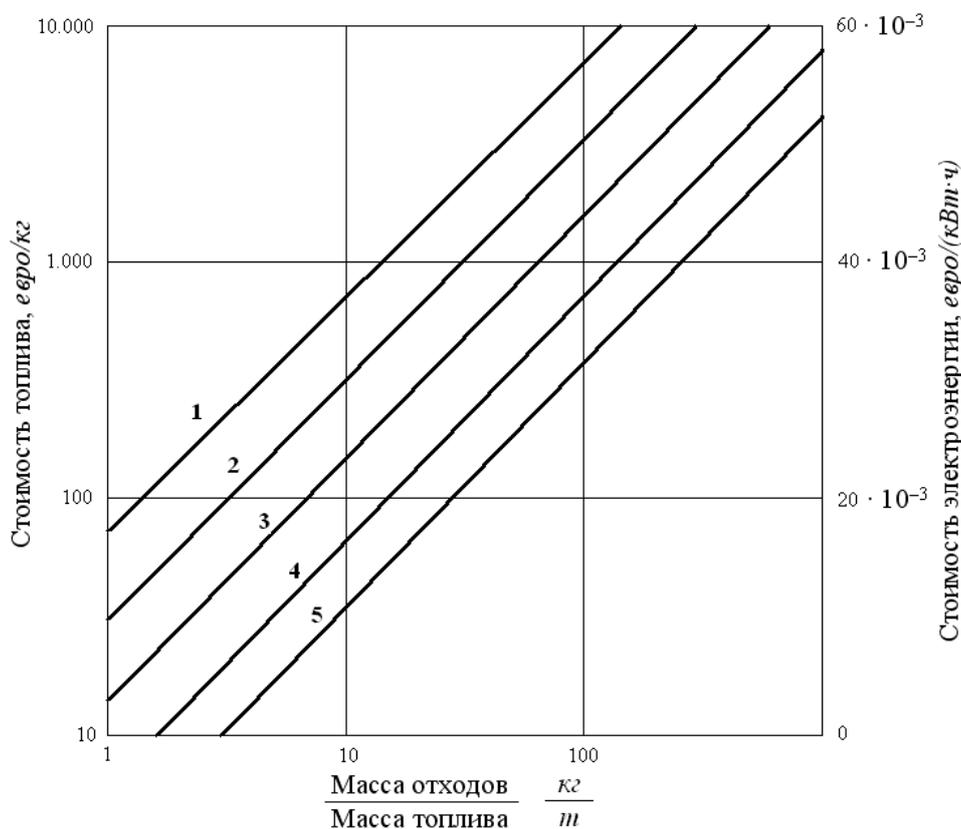


Рисунок 1 – Стоимость транспортировки высокоактивных отходов в космическое пространство (на уровень высокой орбиты Земли) в зависимости от полезной загрузки контейнеров: **1** – 2 %, **2** – 5 %, **3** – 10 %, **4** – 25 %, **5** – 50 %

Из рисунка 1 видно, как меняется стоимость транспортировки высокоактивных отходов в зависимости от уровня полезной транспортной загрузки. Так, нетрудно рассчитать, что для уровня полезной загрузки, например, 5 и 50 % стоимость транспортировки составляет соответственно 30.000 и 3.000 евро/кг отходов. Из рисунка также видно, как стоимость транспортировки отходов, в свою очередь, отражается на некоторых экономических показателях топливного цикла.

Метод удаления высокоактивных отходов в космос по своей стоимости (хотя и достаточно высокой) является конкурентоспособным по отношению к другим методам окончательного удаления. Однако решение этой проблемы в силу огромных экономических затрат на научно-исследовательские и конструкторские работы не может являться самоцелью и должно проводиться только в рамках исследования всей космической проблемы в целом.

Что касается возможности практического осуществления этого метода, то, очевидно, его реализация связана с необходимостью решения большого числа сложнейших вопросов различного плана.

Несмотря на то, что созданы мощные средства выведения полезных грузов в космос, прежде чем реализовать данный вариант, необходимо провести сложные комплексные исследования, решить крупные технические проблемы по повышению надёжности и

безопасности применения средств выведения, подготовить и согласовать международные правовые документы, убедить общественность в целесообразности применения данного способа.

Вместе с тем, проектные исследования, проведенные как у нас в стране, так и за рубежом, обеспечивают возможность перехода к полномасштабной опытно-конструкторской разработке ракетно-космического комплекса для решения задачи космического захоронения особо опасных для биосферы Земли отходов атомной промышленности.

Дальнейших исследований требуют вопросы, связанные с разработкой принципиально новых и более совершенных средств транспортировки отходов в космос, а также надежных конструкций контейнеров-капсул для размещения актинидов. Конструкция этих капсул должна обеспечивать герметичность актинидов в течение всего времени, пока они будут представлять собой опасность для биосферы, что необходимо на тот случай, если контейнеры с актинидами вследствие неустойчивости выбранных орбит вернутся на Землю. Фундаментальным техническим вопросом, который требует проведения специальных исследований в связи с этим, является вопрос обустойчивости и надежности будущих траекторий удаления актинидов, таких, как высокие орбиты Земли и орбиты Солнца.

К числу очень сложных проблем, которая является, по существу, технологической основой метода, относится также проблема выделения актинидов. И конечно, вся разработанная система удаления актинидов в космос в целом должна гарантировать полнейшую безопасность биосферы Земли и всего космического пространства от активности.

Одним из основных условий задачи удаления РАО в космос является полное исключение возможности непосредственного контакта удаляемых радионуклидов с земной биосферой как в штатном полёте, так и при любых аварийных ситуациях.

Построение ракетно-космического комплекса должно обеспечивать парирование аварийной ситуации с выполнением вышеуказанного условия в любой момент времени в процессе полёта, вплоть до выхода на целевую орбиту захоронения РАО.

критичными требованиями к конструкции космического аппарата, обеспечивающего выведение РАО в космос, являются требования по прочности и термостойкости в следующих случаях:

- при взрыве ракетоносителя (РН) или используемых в составе ракетно-космической системы (РКС) ракетных блоков на старте и в полёте с последующим горением компонентов топлива;
- при столкновении с объектами естественного или искусственного происхождения на орбитальном околоземном участке полёта;
- при возвращении спасаемой капсулы в атмосферу Земли с большими углами входа и скоростями, вплоть до второй космической;
- при падении аппарата с РАО на скальный или мёрзлый грунт со скоростью соударения до 100 м/с и ударными нагрузками до 100–150 г;
- при попадании аппарата на водную поверхность, с обеспечением гарантированной плавучести.

Из соображений безопасности представляется целесообразным использование возвращаемой капсулы по схеме «несущий корпус», которая предпочтительна по сравнению с вариантами «скользящего» и крылатого корпусов, поскольку одновременно обеспечивает

всепогодность и точность посадки, а также точность приведения на заданный полигон при аварии на участке выведения.

Анализ специфических особенностей процесса космической изоляции РАО с учетом требуемой частоты пусков РН и возможностей парирования аварийных исходов позволяет выявить ряд проблемных вопросов:

- локальное разрушение озонового слоя атмосферы Земли;
- увеличение концентрации паров воды и окислов углерода в атмосфере Земли;
- концентрация особо опасных РАО в отдельных районах космического пространства;
- сосредоточение РАО в местах, не приспособленных для их сбора и хранения (космодромы);
- возможность попадания особо опасных РАО в биосферу Земли; повышение допустимых норм радиоактивного облучения обслуживающего персонала и населения;
- возможность аварии РН в полете и падение контейнера с РАО в населенных пунктах.

Результаты анализа потенциальных видов опасности и возможных последствий их воздействия на человека свидетельствуют о необходимости детального изучения вопросов, касающихся компонентного состава продуктов сгорания РН.

Вода и водород являются естественными составляющими атмосферы и не оказывают влияния на окружающую среду. К нежелательным локальным последствиям в районе пусков РН могут привести выбросы хлористого водорода и окислов алюминия, содержащихся в продуктах сгорания некоторых носителей. Эти выбросы могут вызывать выпадение кислотных дождей, увеличение содержания в воздухе взвешенных частиц металла, токсичное заражение атмосферы, изменение погодных условий на близлежащих территориях. Эти эффекты носят кратковременный характер, поскольку турбулентные течения в приземной атмосфере приводят к быстрому перемешиванию выброшенных химических компонентов и снижению их концентрации до безопасного уровня.

Наибольшие опасения вызывают воздействия продуктов сгорания на озоносферу Земли. Полученные при моделировании процесса взаимодействия атмосферы с продуктами сгорания результаты показали, что в следе РН диаметром несколько сотен метров озон разрушается полностью практически мгновенно. Под влиянием макротурбулентной диффузии выброшенные вещества перемешиваются в столбе газов диаметром несколько километров. Содержание озона в зоне радиусом 5 км на высотах 16–20 км через 2 часа уменьшается на 15–20 %, на высоте 30 км через 2,5–3 часа – на 50 %. Через несколько часов после прохождения РН происходит затягивание озонового туннеля за счёт перемешивания газов. Максимальный радиус зоны с 10 %-м разрушением озона составляет 4–5 км на высотах 15–24 км (через 3 часа после старта). Через несколько суток после пуска РН продукты сгорания их компонентов перемешиваются в области диаметром несколько сотен километров. В свою очередь, эта область будет переноситься зональным воздушным потоком, оставаясь примерно на одной широте. Максимальное разрушение озона в области диаметром 550 км происходит на высотах 24–30 км примерно через 24 дня после старта. Затем происходит процесс восстановления озонового слоя за счет естественных процессов образования озона.

Процессы взаимодействия озона с веществами, входящими в состав продуктов сгорания весьма сложны и недостаточно изучены. Характер фотохимических процессов в облаке выбросов продуктов сгорания ракетного топлива определяется такими факторами, как химический состав загрязняющих атмосферу веществ, их концентрация, условия освещенности атмосферы, наличие фотодиссоциации. Поскольку малые газовые

составляющие атмосферы тесно связаны между собой фотохимически, приходится рассматривать целую систему реагирующих друг с другом газов. Другой группой процессов, определяющих изменение газового состава атмосферы, являются динамические процессы. Динамика облака ракетных выбросов определяется обычными процессами упорядоченного переноса и турбулентной диффузии в атмосфере, и динамические процессы будут, с одной стороны, способствовать распространению химически активных веществ вне начального следа, а с другой – в результате действия этих процессов будет деформироваться и заполняться озоновый туннель, образующийся в следе РН. Приближенные расчеты показывают, что при еженедельных пусках РН можно ожидать общие потери озона над Северным полушарием в пределах 1,5–2,5 %.

Однако необходимы специальные исследования по уточнению этих оценок и определению предельно допустимой интенсивности пусков РН различной грузоподъемности для обеспечения сохранения равновесного состояния озонового слоя Земли.

Выбрать трассу полета РН при условии выполнения требований по безопасности является трудоемкой задачей. Особо остро стоит вопрос выбора районов падения отработавших блоков РН. Обычно падение блоков первых ступеней сопровождается взрывами, пожарами и разбрасыванием элементов конструкции и компонентов топлива (суммарно около 8 тонн топлива) в местах приземления. Изучение участков почвы, загрязнённой керосинами, показывает, что эффект загрязнения заключается в изменении размера популяции и биомассы почвенной микросферы. Растительность этих участков восстанавливается медленно вследствие снижения проницаемости и газообмена почвы.

Таким образом, альтернативный способ удаления РАО путём запуска их в космическое пространство является технически осуществимым в условиях Казахстана и экологически более приемлемым по сравнению с ввозом и захоронением на территории нашей страны РАО иностранных государств. Однако, ряд существенных вопросов, касающихся безопасности транспортировки РАО за орбиту Земли, требует глубокого изучения.

#### **Литература:**

1. Методика оценки безопасного захоронения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности. Научно-технический отчёт. – Алматы, 2003. – 303 с.
2. Егоров Н.Н. Регенерация и локализация радиоактивных отходов ядерного топливного цикла, том 74, вып. 4. – М.: Атомная энергия, 2003. – С. 307–312.
3. Миненко В.Е. Исследование принципов и экологических аспектов создания системы удаления радиоактивных отходов в космос. "Космос, время, энергия. Сборник статей, посвящённых 100-летию Д.Д.Иваненко". – М.: Белка, 2004. – С. 126–146.
4. Bishop W.P., Hollister C.D. Seabed disposal – where to look. Journal "Nuclear technology", vol. 24, #3 – Washington, 1994. – P. 425–443.
5. High-level radioactive waste management alternative. – Seabed disposal concepts. – Washington, 2004. – 55 p.
6. A comprehensive report on alternative methods of managing radioactive waste.– AtomicenergyClearingHouse. – 1995. – Vol. 21, №47. – 24 p.

*Поступила 2 сентября 2016 г.*

УДК 629.039.58

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОХЛАЖДЕНИЯ АКТИВНЫХ ЗОН ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Зубова О.А.<sup>1</sup>, Ким Д.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт ядерной физики, Алматы, Республика Казахстан

e-mail: kimds@gmx.com, o.zubova@kazgasa.kz

*В данной статье представлен обзор трёх наиболее распространённых способов охлаждения активных зон ядерных реакторов, проведён сравнительный анализ физико-технических характеристик водяного, жидкометаллического и газового теплоносителя, в результате получены выводы о перспективах развития атомной энергетики, основанной на использовании газоохлаждаемых реакторов. Преимущества и недостатки различных типов теплоносителей активных зон реакторов представлены в виде реферативного обзора, который может представлять интерес для исследователей, включая учащихся магистратуры и докторантов, занимающихся изучением вопросов безопасности деятельности человека и охраны окружающей среды при использовании атомной энергии. Статья является продолжением цикла публикаций авторов, посвящённых оценке человеческих последствий и другим аспектам ядерной безопасности и радиационной защиты при возможной аварии на реакторе.*

**Ключевые слова:** активная зона, теплоноситель, ядерный реактор, водяное охлаждение, жидкометаллическое охлаждение, газовое охлаждение.

*Берілген мақалада ядролық реактордың белсенді аймақ суытуының ең белгілі таралған үш әдісінің шолуы ұсынылған, су, сұйық металл және газ жылыту көтергіштің физика-техникалық мінездемесінің салыстырмалы талдауы өткізген, игерушілік ақырында газсуытқыш реактордың негізінде атомды энергетикасының даму болашағы шығарып алған. Әр түрлі реакторлар жылу тасығыштардың артықшылықтары мен кемшіліктері дерексіз шолуы түрінде берілген, онда зерттеушілер, олардың ішінде магистратура мен докторантура студенттер, ядролық энергияны пайдалану кезінде адам қызметінің қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау бойынша мінез-зерттеулерге қызықты болу мүмкін. Бұл мақалада адам әсер мен реактордағы мүмкін апат ядролық қауіпсіздік және радиациялық қорғаудың басқа да аспектілерін бағалауға арналған авторлардың жарияланымдар сериясының жалғасы болып табылады.*

**Түйін сөздер:** белсенді аймақ, жылыту көтергіші, ядролық реактор, су суыту, сұйық металл суыту, газ суыту.

*This article provides an overview of the three most common methods of nuclear reactors cores cooling; there's also being represented a comparative analysis of physical and technical characteristics of water, liquid metal and gaseous coolants to obtain conclusions about the prospects for the development of nuclear energy based on the use of gas-cooled reactors. Advantages and disadvantages of different types of reactor cores' coolants are presented in the form of an abstract review, which may be of interest to researchers, including master's and doctoral students, involved in the study of human activities safety and the environmental protection at the use of nuclear energy. This article is a continuation of the authors'*

*publications series dedicated to the evaluation of human impacts and other aspects of nuclear safety and radiation protection at the possible reactor breakdown.*

**Keywords:** *core, coolant, nuclear reactor, water-cooled reactor, liquid metal-cooled reactor, gas-cooled reactor.*

Ядерная энергетика на сегодняшний день является практически безальтернативным способом удовлетворения растущих потребностей в электрической и тепловой энергии в условиях ограниченности запасов традиционных видов топлива. Использование атомной энергии имеет неоспоримые преимущества перед традиционными способами получения электричества и тепла, а именно: меньшее загрязнение биосферы; меньшая потребность в территориях и меньший коллективный риск; экономичность.

При нормальной эксплуатации АЭС не представляют опасности для человека и окружающей среды. Губительное влияние на АЭС возникает только при потенциально возможной ядерной аварии на реакторе.

Авария реактора происходит, когда серьезно нарушается баланс между мощностью реактора и теплосъёмом [1], что приводит к перегреву топлива и высвобождению продуктов деления, которые, попадая через окружающую среду в живой организм, вызывают его облучение высокими дозами облучения.

Температурный баланс между мощностью реактора и теплосъёмом поддерживается с помощью теплоносителя. Наибольшее распространение для применения в реакторах получили три вида теплоносителя: вода, жидкие металлы и инертные газы.

Реакторы с водяным охлаждением, как правило, используются в энергоблоках с тепловой мощностью до 1600 МВт [2]. Использование воды для отвода тепла от ядерных реакторов имеет ряд существенных преимуществ перед другими системами охлаждения: низкая стоимость, невоспламеняемость и безопасность для обслуживающего персонала, высокий коэффициент теплопередачи ( $3,5 \div 5,8$  кВт/(м<sup>2</sup>·К) [3] для кипящей воды и до 10,5 кВт/(м<sup>2</sup>·К) [3] для водяного пара), малая длина замедления нейтронов (5,7 см) [3], отрицательный температурный коэффициент реактивности, предохраняющий реактор от самопроизвольного повышения мощности, относительно слабый захват нейтронов (сечение захвата – от 0,0015 до 0,3 барн) [3]. Сечение рассеяния нейтронов зависит от энергии частиц (при больших энергиях сечение рассеяния мало, а при малых – велико), благодаря чему возможно повышать коэффициент размножения, увеличив интенсивность деления урана до уровня, достижимого только на быстрых нейтронах.

К недостаткам водо-водяных реакторов можно отнести высокую интенсивность коррозии многих металлов в воде при температуре выше 300 °С, трудность компенсации температурного и других эффектов реакции, а также жёсткие условия работы материала корпуса, подвергающегося воздействиям излучения и высокого давления. Пожалуй, наиболее существенным недостатком воды как теплоносителя является сравнительно низкая температура её кипения. Чтобы значительно повысить температуру кипения воды, необходимо создать высокое давление с помощью циркуляционных насосов, обеспечивающих подачу воды в активную зону с интенсивностью порядка 300 тонн в час [3]. Для отвода тепла, выделяющегося в реакторе, применяется двухконтурная система. В первичном контуре циркулирует вода под давлением 100 бар [3]. Трубы контура изготавливаются из нержавеющей стали и размещаются за слоем биологической защиты.

Вода, нагретая в реакторе до 280 °С [3], поступает в парогенераторы, в которых отдает тепло воде вторичного контура, охлаждаясь при этом до 190 °С [3].

Повышение давления воды в трубопроводе охлаждения закономерно приводит к необходимости увеличения толщины водяных трубок, что в свою очередь (вследствие возросшего поглощения нейтронов в активной зоне) потребует большего обогащения урана изотопом U-235, т.е. происходит удорожание используемого ядерного топлива без улучшения теплового КПД самой электростанции [4]. Учитывая сравнительно небольшой запас реактивности, количество полиметаллов в активной зоне может быть уменьшено за счёт утончения стенок тепловыделяющих элементов, но это негативно скажется на безопасности реактора, поскольку возрастёт вероятность паро-циркониевой реакции и расплавления топлива.

Кроме того, при использовании воды для охлаждения реакторов, вследствие активации ядер теплоносителя при захвате ими нейтронов, возникает наведённая активность. Радиоактивность воды первичного контура ( $7 \div 8$  ГБк/л) на выходе из реактора обусловлена радиоактивностью ядер кислорода, образующих изотоп азота N-16 в результате активации при захвате нейтронов ((p, n)-реакция). Ввиду малого периода полураспада N-16 (7 с.) радиоактивность воды быстро убывает и на входе в реактор составляет  $0,7 \div 0,8$  МБк/л [5], что обусловлено наличием примесей, неизбежно присутствующих в воде и активирующихся под действием нейтронного облучения.

Охлаждение жидкими металлами (в основном – жидким натрием), как правило, применяют в реакторах на быстрых нейтронах (БН). Вследствие высокой температуры кипения расплавленных металлов не требуется создавать высокие давления в первичном контуре, а большая теплоёмкость расплавленного металла исключает необходимость пропускать через контур большие объёмы теплоносителя. Особенностью натриевого теплоносителя является его способность удерживать летучие радионуклиды. Основное отличие натрия от воды заключается в том, что вследствие большего атомного веса он хуже замедляет нейтроны, но главным недостатком охлаждения активной зоны жидким натрием является его высокая радиоактивность со сравнительно большим периодом полураспада (14 ч.). Натриевый контур трудно доступен для обслуживания; также конструктивно усложнена теплообменная аппаратура из-за необходимости предварительного разогрева натрия и соблюдения специальных мер предосторожности для предотвращения контакта натрия с водой и воздухом. В последние годы по поводу эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах проходит бурное обсуждение недостатков натриевого теплоносителя, связанных именно с его химической активностью по отношению к воздуху и воде [6].

Кроме того, натрий представляет немалую пожарную опасность. Натриевые пожары могут возникать в случае разуплотнения соответствующих контуров и течи натрия из них наружу. Не всякая течь приводит к пожару, т.к. температура воспламенения натрия на воздухе составляет  $180 \div 200$  °С [7]. Однако, поскольку рабочие температуры в технологических системах находятся на уровне  $300 \div 550$  °С [7], течи при работе АЭС в энергетическом режиме обычно сопровождаются загоранием. Поэтому, исследуя опасность такого пожара, нужно ответить на 3 вопроса: насколько опасно само горение натрия; какова вероятность больших утечек теплоносителя и есть ли надежные меры для обнаружения и тушения горения.

В таблице 1 приведены параметры натрия как горючего вещества и, для сравнения, некоторых других веществ. Температурные эффекты натриевого пожара гораздо ниже, чем

для обычных горючих веществ [8], что снижает разрушительный эффект пожара и облегчает его тушение.

Таблица 1 – Характеристики некоторых горючих веществ [7]

| Горючий материал или вещество | Скорость горения, кг/(м <sup>2</sup> ч) | Тепловой эффект, кДж/кг |
|-------------------------------|---|-------------------------|
| Бензин                        | 160 ÷ 200                               | 41,870                  |
| Дизельное топливо             | 150                                     | 41,870                  |
| Древесина                     | 54                                      | 13,800                  |
| Мазут                         | 126                                     | 38,700                  |
| Резина                        | 40                                      | 33,500                  |
| Натрий                        | 42 ÷ 63 [8]                             | 10,990                  |

Основная масса натрия первого контура находится в баке БН-реактора. С целью недопущения оголения активной зоны при маловероятном разуплотнении бака, корпус реактора окружен равнопрочным ему страховочным кожухом. Таким образом, радиоактивный натрий заключен в сосуд с двойной стенкой.

За пределами корпуса реактора располагаются вспомогательные системы: устройства контроля и очистки примесей и контроля герметичности оболочек ТВЭЛов. Вероятный выход натрия за пределы контура связан с разуплотнением именно этих систем, но диаметры их трубопроводов не превышают 80 мм, что ограничивает скорость утечки.

Опыт эксплуатации натриевых контуров свидетельствует о том, что течи из них случаются в среднем 1÷2 раза в год [9]. Наиболее частыми причинами течей являются дефекты металла оборудования или трубопроводов, усталостные микротрещины из-за недостаточной компенсации температурных расширений и ошибки персонала при разогреве систем с замороженным натрием. При этом принципиально важно, что дефекты ничтожны по размерам. Такие дефекты часто вообще не приводят к утечке теплоносителя, т.к. вытекающий натрий окисляется, и образовавшиеся окислы закупоривают трещину.

Натриевые трубопроводы и корпуса оборудования выполняются из пластичной нержавеющей стали; все соединения свариваются взрывом. Рабочие давления в напорной части контура не превышают нескольких бар, т.е. источников энергии способных вызвать большой разрыв, не существует. С другой стороны, натрий не вызывает заметной коррозии применяемых сталей во всем диапазоне рабочих температур. Все это приводит к весьма низкой вероятности возникновения течи натрия. Крупные течи натрия (разрушения, эквивалентные полному сечению трубопровода) возможны в случае полного и длительного отказа систем контроля и некомпетентности персонала, либо при аварийных разрушениях контейнента реактора.

Преимущество газовых теплоносителей (азота, гелия, двуокиси углерода) заключается в том, что, несмотря на довольно высокую выходную температуру газа (640÷650 °С) [10], давление в трубопроводах охлаждения активной зоны реактора составляет около 10÷20 бар. Однако газы обладают сравнительно небольшой теплоемкостью (у гелия – 0,1437 Вт/(м·К)) [10], поэтому, несмотря на значительную удельную теплоемкость (по гелию – 5,23 кДж/(кг·К)) [10], для эффективного отвода тепла требуются газодувки большой мощности. Значительный расход энергии на циркуляцию большого объема газа является, пожалуй,

единственным существенным недостатком газового охлаждения энергетических ядерных реакторов.

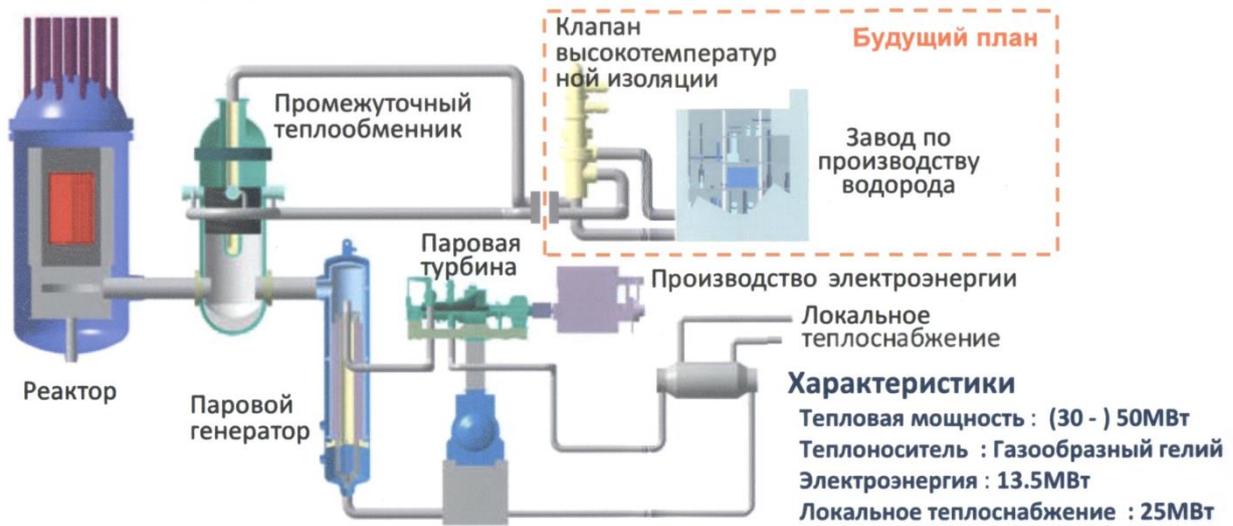


Рисунок 1 – Принципиальная схема АЭС с реактором КНТР

На рисунке 1 изображена схема высокотемпературного газоохлаждаемого реактора типа КНТР [11]. Температура теплоносителя в активной зоне реактора типа КНТР, как показано на рисунке 2 [11], не превышает  $700\div 900\text{ }^{\circ}\text{C}$  (аварийная температура –  $1800\div 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [1, 11], причём эффективность использования теплоты достигает 80 % (против  $40\div 60\text{ }%$  в обычных реакторах). Кроме того, конструкция активной зоны КНТР выгодно отличается от устаревших типов, какие были в реакторах типа ВВР (на АЭС «Фукусима-1» и «Три-Майл-Айленд») и РБМК (на Чернобыльской АЭС): топливные элементы КНТР выполнены из керамики, а в качестве теплоносителя используется гелий, что предотвращает расплавление активной зоны даже в случае отказа системы охлаждения. Для охлаждения активной зоны КНТР требуется на 13 % меньше воды по сравнению с легководным реактором той же мощности.

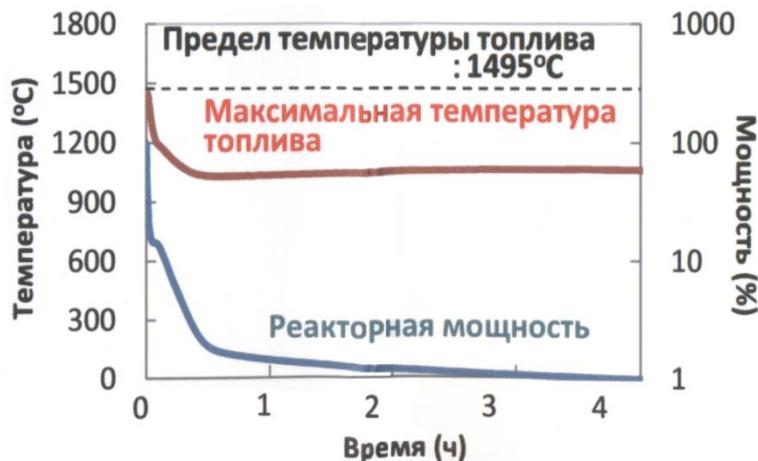


Рисунок 2 – Изменение температуры и мощности реактора КНТР при потере теплоносителя

Важные для безопасности преимущества и недостатки реакторов, охлаждаемых водой, жидкометаллическим натрием и инертным газом (гелием), для удобства сравнения по различным показателям можно представить в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки реакторов, использующих водяное, жидкометаллическое и газовое охлаждение

|  | Преимущества   | Недостатки   |
|--|--|--|
| Реактор с водяным охлаждением            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) низкая стоимость;</li> <li>2) невоспламеняемость;</li> <li>3) высокий коэффициент теплопередачи;</li> <li>4) отрицательный температурный коэффициент реактивности, предохраняющий реактор от самопроизвольного повышения мощности;</li> <li>5) относительно слабый захват нейтронов</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) низкая температура кипения воды;</li> <li>2) коррозия металла при <math>T_{\text{воды}} &gt; 300 \text{ }^\circ\text{C}</math>;</li> <li>3) повышение давления в трубопроводах охлаждения;</li> <li>4) увеличения толщины водяных трубок;</li> <li>5) удорожание используемого топлива без повышения теплового КПД;</li> <li>6) вероятность паро-циркониевой реакции и расплавления топлива</li> </ol> |
| Реактор с жидкометаллическим охлаждением | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) не требуется создание высокого давления в контуре охлаждения;</li> <li>2) нет необходимости пропускать через контур большие объёмы теплоносителя из-за его большой теплоёмкости;</li> <li>3) способность удерживать летучие радионуклиды</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) высокая радиоактивность теплоносителя;</li> <li>2) труднодоступный для обслуживания контур охлаждения;</li> <li>3) конструктивно сложная теплообменная аппаратура;</li> <li>4) опасность контакта натрия с водой и воздухом;</li> <li>5) пожарная опасность;</li> <li>6) трудность вывода из эксплуатации</li> </ol>   |
| Газоохлаждаемый реактор                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) низкое давление в трубопроводах охлаждения;</li> <li>2) низкая температура теплоносителя;</li> <li>3) высокая эффективность использования теплоты;</li> <li>4) нет риска расплавление активной зоны;</li> <li>5) меньшее количество воды для охлаждения активной зоны</li> </ol>               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) для эффективного отвода тепла требуются газодувки большой мощности;</li> <li>2) значительный расход энергии на циркуляцию большого объёма газа</li> </ol>  |

Таким образом, высокотемпературный газоохлаждаемый реактор имеет достаточно много преимуществ перед реакторами с водяным и жидкометаллическим охлаждением. Количество преимуществ использования газа в качестве теплоносителя превышает число недостатков, тем не менее, весовые коэффициенты каждого из оценочных критериев при выборе типа реакторной установки для конкретной АЭС будут неизбежно различаться в зависимости от её выходной электрической мощности, предназначения, условий проекта и его привязки к месту строительства.

#### **Литература:**

1. Жараспаев М.Т., Ким Д.С. Факторы, способствующие возникновению и развитию аварий на атомных реакторах. – Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – 2008. – № 6(69). – С.87–90.
2. Шатанов А.А., Ким Д.С. Энергетика Казахстана и рынок электроэнергии. – Сборник научных трудов «Безопасность жизнедеятельности» (охрана труда, защита человека в ЧС, экономические, правовые и психологические аспекты БЖД, экология). – Вып. 3. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2007. – С.176–179.
3. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы: Учебник для ВУЗов. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 280 с.
4. Жараспаев М.Т., Ким Д.С. Экономические аспекты использования плутония в ядерном топливно-энергетическом цикле по сравнению с его захоронением во внешней среде. // Труды XI Международной научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности» (защита человека в ЧС, охрана труда, экология, логистика, экономика, материаловедение деформирующихся сплавов). – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2009. – Т 3. – С. 68–72.
5. Ким Д.С. Безаварийная эксплуатация исследовательского реактора ВВР-К как основа экологической стабильности в районе его расположения. – Вестник Казахстанско-Британского Технического Университета. – 2010. – №2(13). – С. 57–63.
6. Ким Д.С. Осаждение частиц натриевого теплоносителя, выделившихся при аварии из активной зоны БН-реактора со смешанным топливом, во внешней среде. – Известия научно-технического общества КАХАК. – 2010. – №1(26). – С. 99–105.
7. Баклушин Р.П., Иваненко В.Н., Поплавский В.М. Экологическая безопасность АЭС с натриевым теплоносителем и опыт эксплуатации реактора БН-600. – Обнинск, 2004. – С. 38–45.
8. Clough W.S., Garland J.A. The behavior in the atmosphere of the aerosol from a sodium fire. – British report AERE-R-6460. – London, 2000. – P. 14–20.
9. Ким Д.С. Безаварийная эксплуатация реактора БН-350 как основа экологической стабильности в районе его расположения. – Вестник КазНТУ им К.И. Сатпаева. – 2010. – №3(79). – С. 177–182.
10. Краткая химическая энциклопедия под ред. Кнунянца И.Л. – Москва: Советская энциклопедия, 1961. – Т 1. – 1262 с.
11. Касенов К.М., Ким Д.С., Иркегулов А.Ш. Практическое применение дерева отказов для анализа аварий на ядерных реакторах. – Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – 2013. – №5(99). – С. 67–78.

*Поступила 1 сентября 2016 г.*

УДК 330.3

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

**Калыбеков Т.**

*Центрально-Азиатский университет, Алматы, Республика Казахстан  
e-mail: t.kalybekov@mail.ru*

*В статье приведено создание различных сельскохозяйственных кооперативов наряду с фермерскими хозяйствами с целью обеспечения населения необходимой сельхозпродукцией. Устойчивое развитие сельского хозяйства достигается при финансовом оздоровлении сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств на основе расширения земельно-ипотечного кредитования и приобретения высокотехнологичных машин. Рекомендуются прямое взаимодействие производителя и потребителя продукции сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств без посредников. Предложена разработка целевой программы развития инфраструктуры агропродовольственного рынка в каждой области. Предлагается развитие в республике сельхозмашиностроения с целью обеспечения фермерских хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов современной сельхозтехникой. Рекомендовано создание эффективной системы оптовой торговли агропродовольственной продукцией в городах и населенных пунктах. Отмечается необходимость корректировки аграрной политики по отношению к сельскохозяйственным товаропроизводителям и малым хозяйствующим субъектам республики. Предложено формирование цен на производство промышленных и агропродовольственных товаров.*

**Ключевые слова:** *эффективность, сельскохозяйственный кооператив, землеустройство, стимулирование, сельхозпродукция.*

*Мақалада халықты қажетті ауылиаруашылық өнімдерімен қамтамасыз ету мақсатында шаруа қожалықтарымен қатар әртүрлі ауылиаруашылық кооперативтерін құру келтірілген. Ауыл шаруашылығын тұрақты дамытуға ауылиаруашылық кооперативтерін және шаруа қожалықтарын жер-ипотекалық несиелеу және жоғары технологиялық машиналарды иемдену негізінде қаржылық келтірумен қол жеткізіледі. Ауылиаруашылық кооперативтері мен шаруа қожалықтары өнімдері делдарларсыз өндірушілер және тұтынушылар арасында тікелей әрекеттесумен ұсынылады. Әрбір облыста аграрлық азық-түлік нарығын дамытудың мақсатты бағдарламасын әзірлеу ұсынылды. Шаруа қожалықтарын және ауылиаруашылық кооперативтерін заманауи ауылиаруашылық техникасымен қамтамасыз ету мақсатында республикада ауылиаруашылық машиналарын жасауды дамыту ұсынылды. Қалаларда және елді мекендерде аграрлық азық-түлік өнімдерін көтермелеп сатудың тиімді жүйесін құру ұсынылады. Ауылиаруашылық тауар өндірушілер мен кішкене шаруашылық субъектілеріне қатысты аграрлық саясатты түзету қажеттігі ескертілген. Өнеркәсіптік және аграрлық азық-түлік тауарлары өндірісінің бағаларын қалыптастыру ұсынылды.*

**Тірек сөздер:** *нәтижелілік, ауылиаруашық кооперативі, жерге орналастыру, ынталандыру, ауылиаруашылық өнімі.*

*To the article creation of different agricultural cooperative stores is driven along with farms with the purpose of providing of population necessary agriculture products. Steady development of agriculture is arrived at the financial making healthy of agricultural cooperative stores and farms on the basis of expansion of the earth-mortgage crediting and acquisition of hi-tech machines. Direct cooperation of*

*producer and consumer of products of agricultural cooperative stores and farms is recommended without mediators. The proposed development target program for the development of infrastructure in the agricultural market in each region. Development is offered in the republic of agriculture engineer with the purpose of providing of farms and agricultural cooperative stores modern agriculture technique. Recommended the establishment of an effective system of wholesale trade in agrifood products to cities and towns. The necessity of adjustment of agrarian politics is marked in relation to agricultural commodity producers and small managing subjects of republic. Proposed pricing for the production of industrial and agricultural goods.*

**Keywords:** *efficiency, agricultural cooperative store, organization of the use of land, stimulation, agriculture products.*

Расширение внедрения рыночной экономики предопределило насущности введения различных форм собственности на землю, платности землепользования, законодательного признания земли в качестве объекта недвижимости и предмета правового регулирования с сохранением функций средства производства, пространственного базиса и важнейшего ограниченного природного ресурса. В этой связи повышение потенциала использования земельных ресурсов и образование различных сельскохозяйственных кооперативов наряду с фермерскими хозяйствами в сельской местности является важной государственной задачей. Организация и обеспечение эффективного использования земли, охрана ее в интересах всего общества и отдельного землепользователя должна изучаться на основе совершенствования землеустройства, тесно взаимосвязанных экономических, технических и социальных мероприятий государства в сфере управления земельными ресурсами.

Преобразование на селе включает вопросы жилья, газификации, водоснабжения и транспортных коммуникаций, решение этих вопросов инфраструктуры возможно через механизм конкурсного прохождения при поддержке государства. Вступление России во Всемирную торговую организацию предполагает изменить механизм мотивации труда (рисунок 1) на типовом сельскохозяйственном предприятии и иметь несколько направлений воздействия, отвечающих за решение определенных задач [1]:

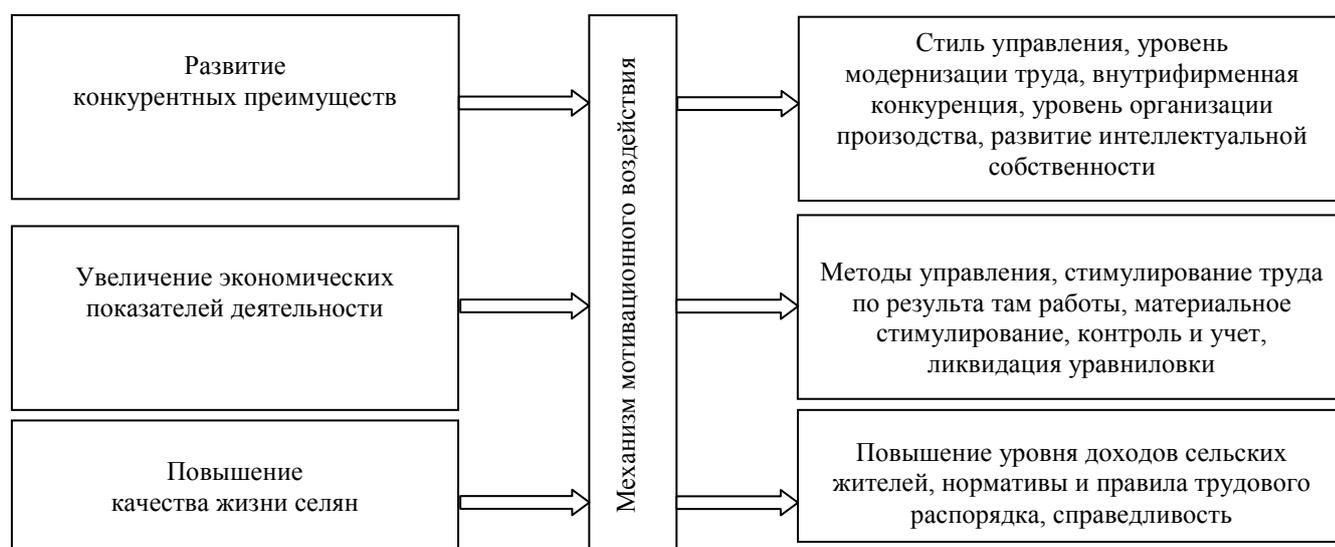


Рисунок 1 – Механизм мотивационного воздействия

При использовании рычага воздействия как заработная плата необходимо четко формулировать цели и задачи предприятия. В условиях нестабильной экономики и сложных погодных условиях все большее применение на предприятиях агропромышленного комплекса находит нематериальная мотивация труда. При условии минимизации расходной части и снижении себестоимости продукции, нематериальное стимулирование, уступая стимулированию материальному, способно повысить производительность труда работника на предприятии.

Механизм мотивационного воздействия призван изменить влияние предприятия на работника, сделать его более гибкой и конкурентоспособной. Материальное вознаграждение за труд является наиболее действенным звеном в цепочке стимулирования трудовой активности работников за текущие и конечные результаты. В условиях рынка справедливая оплата труда, законодательно закрепленные договорные отношения между работником и работодателем, направленная на удовлетворение духовных и физических потребностей работников и обеспечивающая предприятию стабильное функционирование в рамках рынка, имеет большое значение для социальной защиты сельского населения.

С точки зрения мотивационного воздействия оплата труда представляет собой его цену, поэтому конечный результат, качество и количество затраченного труда должно непосредственно влиять на размер заработной платы. При образовании различных сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств в сельской местности одним из направлений развития мотивации является градация заработной платы по основным функциям (таблица 1).

Таблица 1 – Функции заработной платы и механизм их реализации

| Функции заработной платы                                 | Механизм реализации  |
|--|--|
| Стимулирование конечных результатов труда работающих     | Индивидуальный подход в определении уровня оплаты труда каждого работника  |
| Воспроизводство рабочей силы на селе                     | Установление предельно допустимого и минимального уровней оплаты труда   |
| Регулирование качества рабочей силы в сельской местности | Четкое сегментирование уровня оплаты труда в соответствии с квалификацией каждого работника в сельской местности |
| Регулирование предложения рабочей силы на селе           |  |

Государственное регулирование агропромышленного производства будет осуществляться по таким важнейшим направлениям, как формирование и функционирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, финансирование, кредитование, страхование, льготное налогообложение, защита интересов отечественных товаропроизводителей при осуществлении внешнеэкономической деятельности, развитие сельскохозяйственной науки и социальной сферы на селе.

Государство осуществляет финансирование агропромышленного производства за счет средств федерального бюджета, бюджета субъектов Российской Федерации и внебюджетных источников. Средства федерального бюджета, направленные на поддержку и развитие агропромышленного производства, используются на [2]:

- поддержку инвестиционной деятельности, включая приобретение новой техники и оборудования, сортовых семян и племенных животных в соответствии с федеральными целевыми программами;

- повышение плодородия почв, проведение мелиоративных мероприятий, содержание государственных мелиоративных систем, осуществление работ по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, инфекционных заболеваний животных, проведение научных исследований и мероприятий по охране окружающей среды;

- кредитование и страхование в сфере агропромышленного производства;

- развитие и поддержку рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Приоритетными направлениями государственного регулирования сельского хозяйства и продовольственного рынка на наш взгляд является:

- устойчивое развитие сельских поселений одного или нескольких, объединенных общей территорией сельских населенных пунктов, и межселенных территорий;

- осуществление территориального зонирования и регулирование застройки жилья, дорог, связи, энергоснабжения и объектов социальной сферы для создания нормальных условий для жизнедеятельности сельского населения в границах сельских поселений;

- образование различных сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств в сельской местности и создание более благоприятных условий для их функционирования;

- усиление влияния экономических механизмов на регулирование предпринимательской деятельности в сельском хозяйстве;

- достижение финансовой устойчивости сельского хозяйства путем создания правовой основы для финансового оздоровления сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств, сохранения льготного налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей, расширения земельно-ипотечного кредитования на приобретение высокотехнологичных машин для растениеводства и животноводства.

Регулирование сельского хозяйства и продовольственного рынка позволяет:

- устранить межрегиональные торговые барьеры, препятствующие свободному движению сельскохозяйственных товаров;

- расширить использование альтернативных форм кредитования: лизинга, системы зерновых расписок и залога сельскохозяйственной продукции;

- формировать рыночную инфраструктуру в сельском хозяйстве;

- образовать эффективную систему управления сельским хозяйством.

Приоритетом государственной агропродовольственной политики является обеспечение полноценного продовольственного рынка, функционирующего в пределах экономического пространства страны. Следует отметить невозможности создания эффективного продовольственного рынка в отдельно взятой области при функционировании экономики других регионов по законам планово-распорядительной системы. Формирование продовольственного рынка должно быть повсеместно и происходить одновременно на всей территории без установления каких-либо таможенных границ, пошлин, сборов и иных препятствий для свободного перемещения товаров, услуг и финансовых средств. В связи с этим возникают вопросы об установлении эффективных механизмов по обеспечению режима законности, запрещающей установление каких-либо препятствий для свободного перемещения товаров на территории страны. Торговые барьеры на пути свободного движения сельскохозяйственной продукции и продовольствия, отменяются по жалобам граждан, оспаривающим в суде действия и нарушения, затрагивающие права и свободы граждан.

Экономические отношения, возникающие в процессе повышения эффективности деятельности фермерских хозяйств в России, являются важной задачей. Наиболее острой проблемой развития экономической эффективности и повышения экономической защищенности фермерских и других малых форм хозяйствования в агропромышленного комплекса является возможность сбыта продукции через существующие каналы распределения. Такими каналами в настоящее время являются розничная торговля, продуктовые или так называемые «колхозные рынки», перерабатывающие предприятия, посредники - перекупщики. Эти каналы, в силу своих особенностей, не могут предоставить крестьянским и фермерским хозяйствам благоприятные условия для сбыта собственной продукции [3].

Выявление факторов, мешающих развитию сельскохозяйственных кооперативов, фермерских хозяйств и предложение путей решения проблем, требует проведения анализа экономических проблем и обобщение существующего опыта их деятельности. В связи с этим альтернативными формами доступа товаров сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств потребителю являются: электронная торговля продукцией; ярмарки; экобазары; вендинг; непосредственные поставки в розничные магазины. Наиболее важным фактором повышения экономической эффективности сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств являются каналы сбыта продукции и создание способов, желающих ее купить, при этом они обеспечивают прямое взаимодействие производителя и потребителя продукции.

Наиболее эффективной формой хозяйствования на селе является внедрение внутрихозяйственного расчета в сельскохозяйственном предприятии. Внедрение этой формы расчета в сельскохозяйственных кооперативах и фермерских хозяйствах преследует следующие цели:

- обеспечение устойчивого развития основного, обслуживающего и вспомогательного производств;
- сокращение затрат и потерь продукции на всех стадиях производства, хранения, транспортировки и переработки;
- полное использование ресурсного потенциала почв, производственных фондов и трудовых ресурсов;
- широкое использование достижений науки и передовой практики;
- улучшение финансового состояния предприятия и его ликвидности;
- повышение материального стимулирования работников;
- решение проблем социального переустройства населенных пунктов и обеспечение предприятий трудовыми ресурсами.

Внутрихозяйственный расчет является органическим продолжением коммерческого расчета применительно к экономическому и юридическому положению подразделений и представляет собой систему внутренних экономических отношений, имеющих свои организованные формы и содержание. Основными принципами выполнения производственной программы являются [4]:

- создание для подразделений равных экономических условий для выполнения программы и материального поощрения за результаты работы;
- наличие плана, ведения учета и методики подведения итогов работы;
- коллективная и личная, материальная и моральная заинтересованность в конечных результатах производства.

Внутрихозяйственный расчет в сельскохозяйственных кооперативах и фермерских хозяйствах предполагает установление внутренних цен организации с учетом потребительской стоимости товара и его себестоимости, спроса и предложения, уровня инфляции в данный период. При этом необходимо исходить из обоюдной заинтересованности предприятия и конкретного хозрасчетного подразделения в производстве определенного объема и вида продукции. Внутрихозяйственные цены должны устанавливаться на уровне, обеспечивающего первичному трудовому коллективу получение необходимого хозрасчетного дохода. При определении их к материально-денежным затратам предусматривается определенный размер прибыли. Доход хозрасчетного сельскохозяйственного кооператива и фермерского хозяйства формируется за счет реализации всего произведенного в течение календарного года объема продукции своему предприятию по установленным ценам, представляющим собой разницу между доходами и расходами хозрасчетного подразделения. Соответственно снижение размера затрат является одним из основных путей повышения дохода и для определения резервов производства необходимо проводить анализ текущей и итоговой деятельности. Например, в животноводстве анализ себестоимости молока по молочно-товарным фермам хозяйству в целом необходимо проводить ежемесячно. Это даст наглядное представление о величине отдельных видов затрат, позволит установить конкретные причины высокой себестоимости продукции, наметить пути экономии затрат и снижения себестоимости.

Усиление контроля финансовых потоков организаций и оптимизация затрат в сельскохозяйственных кооперативах и фермерских хозяйствах достигается внедрением и совершенствованием внутрихозяйственных расчетных отношений. Поэтому в современных условиях хозяйствования сельскохозяйственные предприятия должны формировать систему управления, обеспечивающей устойчивое развитие, конкурентоспособность, и достижение максимального эффекта.

С целью повышения эффективности работы фермерских хозяйств и вновь созданных сельскохозяйственных кооперативов необходимо:

- изменить механизм мотивации труда и влияние предприятия на работника сделать более гибкой;
- осуществить финансовое оздоровление за счет бюджета и внебюджетных источников для устойчивого развития сельских поселений;
- обеспечить прямое взаимодействие производителя и потребителя продукции сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств без посредников;
- внедрить и совершенствовать внутрихозяйственный расчет для обеспечения устойчивого развития и достижения максимального эффекта.

Конкурентоспособность продукции сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств сдерживается из-за неразвитости инфраструктуры агропродовольственного рынка, неэффективного взаимодействия центрального органа по управлению земельными ресурсами и его органов на местах, отсутствия организации системы оптовой торговли агропродовольственной продукцией в крупных городах и населенных пунктах республики без посредников (таблица 2).

Направлениями роста производства агропродовольственной продукции являются всемерное и целенаправленное использование внутренних резервов повышения эффективности вложений в агропромышленный комплекс, рациональное сочетание крупного, среднего и мелкого производства, увеличение мотивации сельчан к труду путем

поощрения развития наиболее целесообразных форм хозяйствования и потребителей продукции.

Таблица 2 – Меры по развитию сельхозпредприятий в Республике Казахстан

| Причины, сдерживающие повышение эффективности сельхозпредприятий  | Меры по снижению негативных последствий  |
|---|--|
| Низкий уровень социальной защиты значительной части сельского населения   | Поддержка различных категорий населения по расширению крестьянских хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов на селе  |
| Неразвитая инфраструктура на селе   | Разработка и реализация целевой программы развития инфраструктуры агропродовольственного рынка в каждой области  |
| Отсутствие эффективной системы оптовой торговли и товародвижения в целом  | Формирование эффективной системы оптовой торговли агропродовольственной продукции в городах и населенных пунктах   |
| Проблемы соотношения цен на промышленные и агропродовольственные товары   | Эффективное вмешательство государства в процессы формирования цен на энергоносители и производство промышленных и агропродовольственных товаров                              |
| Низкий уровень технической оснащенности агропродовольственного производства   | Развитие в республике сельхозмашиностроения с целью обеспечения фермерских хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов сельхозтехникой                                      |
| Отсутствие различных форм организаций на селе и условий обеспечения населения необходимой сельхозпродукцией           | Образование различных сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств и создание более благоприятных условий для их функционирования                                 |
| Отсутствие обоснования степени использования в сельском хозяйстве земель сельскохозяйственного назначения по регионам | Проведение землеустройства в республике по изучению состояния сельскохозяйственных земель с целью установления степени их пригодности для использования в сельском хозяйстве |

В целях повышения эффективности работы сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств, в связи с продовольственной зависимостью и недостаточностью производимой сельхозпродукции в республике необходимо:

- разработать в сельском хозяйстве системы саморегулирования в целях решения проблемы продовольственного обеспечения;
- создать на селе различные сельскохозяйственные кооперативы и стимулировать их функционирование с помощью государственного регулирования;
- организовать для производителей агропродовольственной продукции сбытовую деятельность без посреднических торговых структур;
- создать условия для приобретения новой техники и оборудования, сортовых семян и племенных животных сельскохозяйственным кооперативам и фермерским хозяйствам;

- установить эффективные механизмы по обеспечению свободного перемещения товаров на территории республики;

- развивать отрасль сельхозмашиностроения в республике для обеспечения сельскохозяйственных кооперативов и крестьянских хозяйств сельхозтехникой с целью увеличения продукции сельского хозяйства;

- корректировать аграрную политику государства по отношению к сельскохозяйственным товаропроизводителям республики и малым хозяйствующим субъектам.

Таким образом, финансовое оздоровление вновь созданных сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств на основе расширения земельно-ипотечного кредитования и приобретения высокотехнологичных машин, корректировка аграрной политики по отношению к сельскохозяйственным товаропроизводителям и малым хозяйствующим субъектам, прямое взаимодействие производителя и потребителя продукции сельскохозяйственных кооперативов и фермерских хозяйств без посредников обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства для формирования эффективной системы оптовой торговли необходимой агропродовольственной продукцией в городах и населенных пунктах республики.

#### **Литература:**

1. Арефин А.Н. Основные направления развития мотивации как функции управления на сельскохозяйственных предприятиях Пермского края // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 6 (98). – С.78–80.

2. Романов Р.В. Основные направления и методы государственного регулирования сельскохозяйственного производства // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2014. – № 3 (26). – С.70–74.

3. Трясцин М.М., Кузнецов В.И. Инновационные методы сбыта продукции как пути повышения эффективности деятельности фермерских хозяйств // Пермский аграрный вестник. – 2014. – №2 (6). – С.70–75.

4. Светлакова Н.А., Парамонова Ю.В. Внедрение внутрихозяйственного расчета как направление оптимизации затрат в животноводстве // Аграрный вестник Урала. – 2012.–№ 6 (98). – С.103–105.

*Поступила 28 августа 2016 г.*

УДК 621.396

## АБОНЕНТТЕР САНЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН ЕСКЕРІП МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТРАФИКТЫ БОЛЖАУ МҮМКІНДІКТЕРІН ТАЛДАУ

**Чезимбаева К.С., Гармашова Ю.М., Мухамеджанова А.Д.**

*Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы  
e-mail: katira67@yandex.ru, juliagarmashova@rambler.ru, Almira\_MD@mail.ru*

*Мақалада абоненттер санының өзгеруін ескеріп модельдеу және трафикты болжау мүмкіндіктерін ұялы байланыс жүйесінің дамуы үшін талдау жүргізілген. Қазіргі кездегі мобильді байланыс жүйелеріндегі абоненттер санының өзгеру ерекшеліктерін ескере отырып, трафиктың моделі қарастырылды. Осы қаралған болжам әдісінің трафикты болжау үшін үш айдан артық қолданылмайтыны қорытындыланды.*

*Трафик эконометриялық модель көмегімен болжанды. Әр түрлі әдістердің қолданылуы байланыс операторларына әр түрлі уақытта жүйенің сыйымдылығының өсуіне болжау жасауға мүмкіндік берді. Желілік ресурстарға түсетін жүктеме қарастырылды. Сәйкесінше трафик оператордың барлық тіркелмеген абоненттерінің санымен емес, негізінен белсенді абоненттер санымен анықталды. Дауыстық трафик минуттармен өлшенетіні қарастырылды.*

**Тірек сөздер:** модель, болжам, трафик, ұялы байланыс, абонент.

*В статье проведен анализ возможности моделирования и прогнозирования трафика с учетом изменения числа абонентов для дальнейшего развития систем сотовой связи. Рассмотрена модель трафика, учитывающая особенности изменения числа абонентов в современных системах мобильной связи. Сделаны выводы о возможности применения рассмотренного метода прогнозирования для прогнозирования трафика на срок не более трех месяцев.*

*Трафик прогнозирован с помощью эконометрических моделей. Применение различных методов прогнозирования трафика с учетом изменения числа абонентов позволит операторам связи делать прогнозы увеличения емкости системы. Рассмотрена нагрузка на сетевые ресурсы. Соответственно трафик определяется числом не всех зарегистрированных абонентов оператора, а в основном числом активных абонентов. Рассмотрен голосовой трафик.*

**Ключевые слова:** модель, прогнозирование, трафик, сотовая связь, абонент.

*In the article the analysis of design possibility and prognostication of traffic are conducted taking into account running the number of subscribers for further development of cellular communication networks. The model of traffic, taking into account the features of running the number of subscribers in modern mobile communication networks, is considered. Drawn conclusion about possibility of application of the considered method of prognostication for prognostication of traffic on a term no more than three months.*

*The traffic is predicted by means of econometric models. Application of different forecasting methods of a traffic taking into account change of number of subscribers will allow telecom operators to do forecasts of increase in capacity of system. Load of network resources is considered. According to a traffic is defined by number not of all registered subscribers of the operator, and generally number of the active subscribers. The voice traffic is considered.*

**Keywords:** model, prognostication, traffic, cellular, subscriber.

Ұялы байланыс жүйесінің сыйымдылығы, абоненттер санымен анықталады, ол таңдалған сапа параметріне қызмет көрсете алады. Жоба барысында, ұялы байланыс жүйесін құру және дамытудың әрқашанда жүйе сыйымдылығының өзгеруінің мүмкіндіктері және көрсетіліп отқан қызмет сапасының параметрінің жақсаруы қаоастырылды.

Сондықтан ұялы байланыс операторлары жыл сайын абоненттер санының болжамын ескеретін желілік инфраструктураның дамуы үшін шаралар ұйымдастырады.

Негізінен трафик эконометриялық модель көмегімен болжанады [1], дегенмен мұндай болжамдар ереже бойынша бір қадамды. Мысалы [2] телекоммуникациялық трафикте регрессия-когнетивті графтар негізіндегі бір-біріне тәуелді факторларды көрсететін модель ұсынылады.

Осылайша, абоненттер санының өзгеруін ескеретін трафикті болжаудың әр түрлі әдістердің қолданылуы байланыс операторларына әр түрлі уақытта жүйенің сыйымдылығының өсуіне болжау жасауға мүмкіндік береді.

Желілік ресурстарға түсетін жүктеме және сәйкесінше трафик оператордың барлық тіркелмеген абоненттерінің санымен емес, негізінен белсенді абоненттер санымен анықталады.

Дауыстық трафик минуттармен өлшенеді және MOU (Minutes of use) арқылы абоненттер санымен байланысты. MOU – коэффициент, бір абоненттің айына есептелгендегі орташа трафигі.

Трафиктің құрылымын келесі түрде қарастыруға болады:

$$z^*\{t\} = z\{t\} + zroum(t) + zenter\{t\}, \quad (1)$$

Мұндағы  $z(t)$  - оператор абненттерінің трафигі;

$zroum(t)$  – келушілер роумингінен түсетін трафик;

$zenter\{t\}$  - трафик өткізуі.

Бұл жағдайда шамамен жалпы трафиктің  $z(t)$  95 %-ын операторлардың абоненттер трафигы құрайды  $z(t)$  . Сондықтан болашақта  $z(t)$  құраушысы қарастырылады.

Трафикты өзгертуші модель келесі түрде сипатталады:

$$z(t) = MOU * f(t), \quad (2)$$

Бұл жерде  $f(t)$  - абоненттер санының өзгерісін сипаттайтын функция [3,4].

Абоненттер санының өзгерісін келесі модель арқылы сипаттаймыз:

$$f(t) = \sum_{j=1}^m \theta_j \left( t - t_j \right) \cdot x_j \left( t - t_j \right),$$

Бұл жерде  $\cdot \theta_j \left( t - t_j \right) = 1$ , егер  $t \geq t_j$  және  $\cdot \theta_j \left( t - t_j \right) = 0$ , егер  $t \leq t_j$ .

$\tau = t - t_j, \tau \in [0, \infty)$ , болсын, мұнда  $x_j(\tau)$  - сызықтық емес дифференциалдық теңдеулер шешімі

$$\frac{dx_j}{d\tau} = (\alpha_j + \beta_j x_j) \cdot (P_j - x_j), \quad (3)$$

мұнда  $t_j > 0$ , - өткен өзгерістерді ескеретін  $j$  – шы қосылғыштың қосылу уақыт мезеті, бұл жерде  $m$  – қосылғыштар саны,  $f(t) \rightarrow P = m \sum_{j=1} P_j$  при  $t \rightarrow \infty$ ,  $P$  – сыйымдылық (максималды абоненттер саны),  $\alpha_j, \beta_j > 0$  – жарнама компаниясының екпінділігін ескеретін және де қызметтер жайлы ақпарат тарату жылдамдығын көрсететін коэффициент. (2), (3) модельдер үшін қосылғыш түрі

$$x_j(\tau) = \frac{P_j C_j \exp(\gamma_j \tau) - \alpha_j / \beta_j}{1 + C_j \exp(\gamma_j \tau)},$$

$$C_j(\tau) = \frac{x_j(0) + \alpha_j / \beta_j}{P_j - x_j(0)},$$

$$\gamma_j = \beta_j + \alpha_j / P_j.$$

2-4 модельдер абоненттер санының өзгеруін ескеріп қазіргі сәттегі болжамдарды дайын модельдерден, көзге түсетін ауытқуға байланысты жаңартуға мүмкіндік береді. Модельдің ерекшелігі, қосылғыштар нольге тең болатын уақыт моментінен бастап енгізілмейді, яғни процесстің басталуы, ақпараттың жиналуына байланысты. Процесстің дамуына байланысты, барлық уақытық интервалда қажетті дәлдікпен қамтамасыз етіледі. Моделдеу кезіндегі әсер ететін, ол абоненттер санының өзгеруі, параметрлердің бағалануы  $\alpha_j, \beta_j, t_j, P_j$  ортақвадраттық қателіктердің азаюына байланысты. Ең бірінші есеп —  $t_j$  моменттерін анықтау немесе желідегі процесстердің өзгеруін байқау есептері бұрынғы заңдылықтарға сәйкес болу керек, олар математикалық модель ретінде қарастырылады.

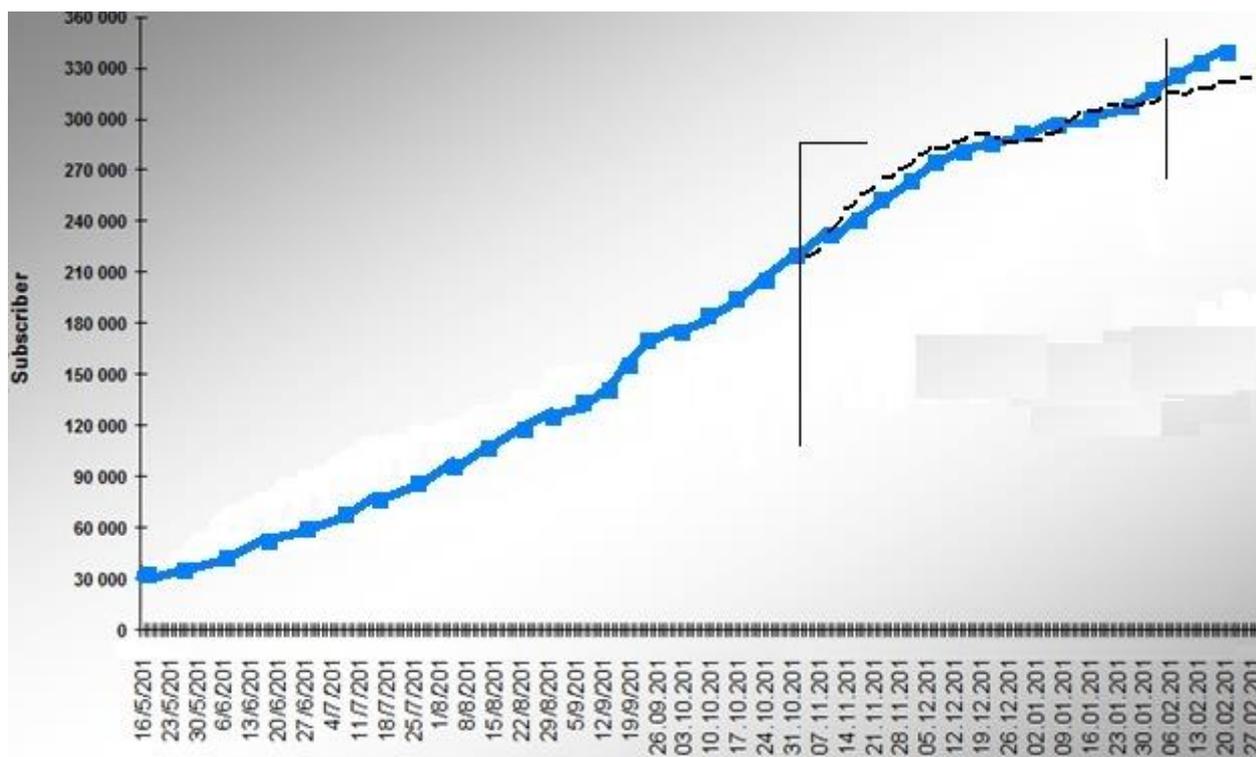
Болжамның дәлділігін бағалау үшін келесі физикалық эксперимент өткізілді:

Ұялы байланыс кәсіпорны желісінде дауыс трафиінің максималды көлемін және абоненттер бойынша деректер қорын (Data base) жіберуді қамтамасыз ететін бір Switch таңдалынды. Техникалық қызмет көрсету орталығы мамандандырылған бағдарламалық жасақтаманың көмегімен абоненттер санының өсуі мен Switch-те тоғыз ай уақыт мерзімінде кіріс жүктеменің статистикалық деректері алынды.

1 суретте тоғыз ай уақыт мерзімінде абоненттер санының өзгерісі көрсетілген.

1 сурет бойынша абоненттер саны сызықтық заң бойынша практикалық өзгеретіні көрініп тұр, бірақ абоненттер санының ауытқуы да болады.

1 суретке сәйкес өткен жылдың мамыр айынан келесі жылдың ақпан айына дейінгі абоненттер саны белгілі. Алғашқы алты айдағы деректер модельдеуін негізге ала отыра, [4] модельді қолданып, болжам жасаймыз. Сонымен бірге алынған болжам үш айға алдыға жасалынды.



Сурет – Тоғыз ай уақыт мерзімінде абоненттер санының өзгерісі және болжамы

Ары қарай, модельдер мен эксперименттер көмегімен алынған нәтижелерді салыстыру үшін өрнек бойынша қатенің орта квадраттық шамасы анықталды:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y(t) - x(t))^2} \quad (4)$$

Мұнда  $y(t)$  – физикалық эксперименттер мәліметтері;

$x(t)$  – модель көмегімен алынған мәліметтер.

Алынған нәтижелер 1 кестеде көрсетілген.

Кесте – Ай бойынша орта квадраттық қателіктер мен модельдеу мәндері

| Болжау мәндері | Орта квадраттық қателік, % | $\alpha_j$ | $\beta_j$ | $P_j$  |
|----------------|----------------------------|------------|-----------|--------|
| 3              | 6,8                        | 0,018      | 0,148     | 58,606 |
| 2              | 5,9                        | 0,835      | 0,136     | 55,053 |
| 1              | 2,4                        | 2,746      | 0,589     | 7,442  |

Моделдеу элементтерінің анализі жасалғаннан кейін келесідей қорытындылар жасауға болады:

Модель көмегімен ұсынылған болжаудың қатесі 3 айда 7 проценттен аспайды, бұдан қорытынды, бұл болжау әдісі үш айдан артық уақытты болжау үшін арналмайды.

**Әдебиеттер:**

1. Шелухин О.И. Фрактальные процессы в телекоммуникациях / О. И. Шелухин, А. М. Тенякшев, А. В. Осин. – М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
2. Кораблин М. А. Регрессионно-когнитивные графы в задачах анализа биллинговых систем / М. А. Кораблин, А. В. Мелик-Шахназаров, А. А. Салмин // Информационные технологии. – 2005.– № 8. – С. 35–39.
3. Афанасьева К. Е. Математическое моделирование и прогнозирование региональных рынков / К. Е. Афанасьева, В. И. Ширяев // Оптимизация, управление, интеллект. – 2005. – №2(10). – С. 118–125.
4. Афанасьева К. Е. Алгоритмы адаптивного оценивания и прогнозирования трафика предприятия связи: автореф. дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 2008. – с.18.

*Поступила 1 сентября 2016 г.*

УДК 621.396

## ЗАМАНАУИ МОБИЛЬДЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ ҚЫЗМЕТ САПАСЫН БАҒАЛАУ

**Чежимбаева К.С., Гармашова Ю.М., Мухамеджанова А.Д.**

*Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан Республикасы*  
*e-mail: katirab7@yandex.ru, juliagarmashova@rambler.ru, Almira\_MD@mail.ru*

*Мақалада әртүрлі деңгейдегі мобильды желілердегі қызмет сапасын талдау мүмкіндіктері қарастырылды. Қызмет сапасын бағалау деңгейлері сипаттамалары келтіріліген, абонент жағынан драйв-тест өткізу және қызмет сапасының параметрлері талданды. Заманауи мобильды байланыс желілеріндегі қызмет сапасына абонент жағынан драйв-тест өткізу мүмкіндіктері қаралып, қорытынды жасалды. Facebook торабына хабар жібере аласыз немесе e-mail немесе бұдан әрі жүргізу өлшеу нәтижелері драйв тест порталға оператордың.*

*Осылайша, оператор абоненттің тарапынан ұсынылатын қызметтердің сапасын бақылауға алады. Тест өткізілген жеңіл тәсілі мәселесі туралы хабарлар ұялы желісін абоненттің тарапынан байланысты қамтамасыз етеді ғой. Осының бәрі операторға нақты мәселені қарауға мүмкіндік береді, онда бұл проблема туындады, жұмыс орнын анықтау және өткізуге мүмкіндік беретін белгілі бір нүктесінде барлық қажетті әрекеттер мен жағдайды түзету енгізеді.*

*Абоненттің тарапынан оларға қатысуға ұсынылатын қызметтердің сапасын бағалауды жүргізуге мүмкіндік береді, сонымен Драйв тесттерге ғана емес, сонымен қатар әр түрлі компаниялар да ықпал ете қызметтерді оператор желісінің бірыңғай жүйесін құру мен сапа көрсеткіштерін нормалау.*

**Тірек сөздер:** бағалау, сапа, қызмет, мобильды байланыс, абонент.

*В статье проведен анализ возможности оценки качества услуги на различных уровнях мобильной сети. Приведены характеристики уровней оценки качества услуги, проанализированы проведение драйв-тестов со стороны абонента и снимаемые при этом параметры качества услуги. Сделаны выводы о возможности применения драйв-тестов со стороны абонентов на оценку качества услуг в современных сетях мобильной связи. Результаты измерений проведения драйв-теста также можно далее отправить сообщениями e-mail или на портал Facebook, или на сайт оператора.*

*Таким образом, оператор сможет контролировать качество предоставляемых услуг со стороны абонента. Ведь проведенный тест обеспечивает легкий способ сообщения о проблеме, связанной с сотовой сетью со стороны абонента. Все это дает возможность оператору рассматривать конкретную проблему, определить место, где возникла данная проблема, и провести все необходимые действия и работы позволяющие исправить ситуацию в определенной точке сети.*

*Проведение драйв-тестов со стороны абонента позволяет им не только участвовать в драйв-тестах услуг, предоставляемых разными компаниями, но и влиять на оценку качества услуг как в сети оператора, так и на создание единой системы показателей качества и нормирования.*

*Ключевые слова:* оценка, качество, услуги, мобильная связь, абонент.

*In article the analysis of a possibility of a quality evaluation of service at various levels of mobile network is carried out. Characteristics of levels of a quality evaluation of service are provided, analysed carrying out the drive tests from the subscriber and the service quality parameters removed at the same time. Conclusions are drawn on a possibility of application the drive tests from subscribers on a quality evaluation of services*

*in modern networks of mobile communication. Results of measurements of carrying out the drive test can also be sent further the messages e-mail or to the portal of Facebook, or to the website of the operator.*

*Thus, the operator will be able to control quality of the provided services from the subscriber. The carried-out test provides an easy method of the message on the problem connected with cellular network from the subscriber. All this gives the chance to the operator to consider a specific problem, to determine the place where there was this problem and to carry out all necessary actions and works allowing to correct a situation in a certain point of network.*

*Carrying out the drive tests from the subscriber allows them not only to participate to the drive tests of the services provided by the different companies but also to influence a quality evaluation of services both in network of the operator, and on creation of single system of indicators of quality and regulation.*

*Keywords: assessment, quality, services, mobile communication, subscriber.*

Инфокоммуникациялық желілердегі жаһандану процесі және халықаралық интеграция байланыс қызметіндегі ұлттық бағалау жүйесі мен сапаны басқарудың мүмкін болатын жолдардың қалыптасуын анықтауға талап қояды. Байланыстың және хабар таратудың жаңа телекоммуникациялық технологиясы, телекоммуникациялық нарыққа байланыстың көптеген қызмет түрлерін енгізуіне мүмкіндік беретін, әлемдік телекоммуникациялық қоғамдастықты байланыстың қызмет сапасын бағалау сұрақтарына және сапаны басқару жүйесіндегі байланыс қызметтерінің нарығының тиімді дамуы маңызды факторлардың бірі ретінде қарауға болады. Қазіргі уақытта барлық әлемде байланыс қызметтерінің сапасына тұтынушылардың талаптары қатал және дифференциалды болды, бұл байланыс операторларының қызметінің экономикалық тиімділігінің маңыздылығын көрсетеді.

Ұялы байланыс нарығындағы бәсекелестік күрес шарттарында кезкелген операторға ұсынылатын қызмет түрлерінің сапа деңгейін білуі қажет. Әйтпесе, оператор абоненттің қанағаттану деңгейін білмей қалады, сондықтан ықтималдығы жоғары бәсекелестік күрес жеңіліске ұшырайды. Сонымен, желі элементтерінің жұмысқа қабілеттілігін бақылау аздық етеді – коммутаторлардың, контроллерлердің, базалық станциялардың. Әлбетте, желі элементтерінің жұмысы тұрғысынан бәрі жақсы болуы мүмкін, бірақ қызмет жеткіліксіз деңгейде беріледі [1].

Сондықтан қызмет көрсету сапасының жай-күйін ескере отырып, барлық деңгейдегі барлық желі жұмысының сапасын бақылау керек: желі, абонент, қызмет.

Заманауи мобильды байланыс операторлар желісі мультисервистік болып табылады, оларда мультисервистік қызметтің көптеген түрлері ұсынылады, олар абоненттер арасында белгілі және операторлар осындай қызмет түрлерінің ауқымын кеңейтеді.

Осындай желілердегі сапаны бағалау процедурасы қиын және сондықтан сапаны бағалау тұтас көптеген құраушылардан тұрады, олар техникалық мониторинг көмегімен алынған, тест статистикасы (драйв-тесттер және абоненттік құрылғыдағы қосымшалар), шағымдарды талдау және абоненттер өтініштері және маркетингтік сауалнама нәтижелері [2, 3].

Сапаны бағалаудың негізгі үш деңгейі бар [2, 3]:

- 1 Желілік статистиканы жинау, яғни желінің жұмыс сапасына мониторинг жасау;
- 2 Желі жағынан драйв-тест өткізу, яғни қызмет сапасын анықтау, желі жұмысын оптимизациялауды жүзеге асыру, шағымдармен жұмыс;
- 3 Абонент жағынан драйв-тест өткізу – абоненттік терминалдарда бағдарламалық қамтамасыз ету, яғни клиенттік тәжірибені мониторинг жасау және клиентского опыта и қиындықтар шоғырланған аймақтарды анықтау.

Әр деңгей өзінің артықшылықтары мен кемшіліктерінен тұрады.

Бірінші деңгей шынайы трафикті қолдануға мүмкіндік береді, нақты орындар мен жағдайларда генерацияланатын, мұнда абонент нақты байланыс қызметін пайдаланады; оны қолдану кезіндегі абоненттің сапасын бағалау нәтижелеріне ықпалы жоқ.

Кемшіліктері:

- Абоненттік жабдықтың орналасқан мүмкіндіктеріне шектеу және оларды баптау;
- Қызмет сапасын бағалауға "жабайы" Internet әсерін болдырмауға мүмкіндігі жоқ;
- Барабар модельдердің мүлде болмауы немесе қиындығы, желілік статистикада көрсетілетін қызмет сапасының көрсеткіштерін есептеуге мүмкіндік береді;

Екінші деңгейдің артықшылықтары:

- Қолданылатын сапа параметрлері интуициялық түрде тұтынушыға түсінікті және ETSI стандартталған;
- Тестілік жабдық желінің жұмыс кестесі мен барлық функцияларын қолдайды;
- Әр тестінің орындалу шарттары мен орындары толықтай белгілі;
- Қызмет сапасының нәтижесіне абонент уәждемесі әсер етпейді;
- Тестілік сервердің дұрыс орнатылуына "жабайы" Internet ықпалы жоқ.

Кемшіліктері:

- Репрезентаттық нәтижелері таңдалған маршрутқа байланысты (Outdoor қамтиды, мұнда трафиктің 20 % қалыптастырылады);
- Тестілеу нәтижелеріне орындаушының біліктілігіне жоғарғы талаптар;
- Indoor қамтуда тестілеуді жүзеге асыру қиындығы немесе мүмкін еместігі, мұнда трафиктің 80 % қалыптастырылады;
- Қолданылатын жабдыққа тәуелділіктің болуы.

Үшінші деңгейдің артықшылықтары:

- Тестілеу абонент байланыс қызметін пайдаланатын кез келген жерде өткізіледі;
- Тестілеудің өткізілу уақыты мен орны белгілі;
- Тестілік сервер дұрыс орнатылса "жабайы" Internet әсері болмайды;
- Әр қызметке қолданылатын сапа параметрлері интуициялық түрде тұтынушыға түсінікті.

Кемшіліктері:

- Нәтижесі абоненттің уәждемесіне байланысты: байланыс күтуге сәйкес болса, тестілеуді жүргізуге уәждеме болмайды;
- Операторлар ұсынатын желі функционалдығын үнемі қолдайтын қолданыстағы абоненттік жабдық қолданылады;
- Тестілеу орындау шарттары белгісіз;
- Тестілеудің орындалу механизмі және сапа көрсеткіштерінің есептері әрдайым белгісіз.

Мобильды абонент жағынан сапаны бағалауды қарастырайық (абоненттер терминалындағы бағдарламалық қамтамасыз ету). Байланыс қызметінің нақты мазмұны мен тұтынушы қабылдауының арасында алшақтық бар. Тұтынушы өзі қолданатын мобильды терминалдың тұтынушы интерфейсінде байланыс сапасына баға береді. Осы нүктеде бағалау байланыс операторлары бақылай алмайтын факторлардың ықпалына душар болған, ал ол факторлардың сапаға ықпалы көрсетілмейді.

Мобильды байланыс желілерінде абонент жағынан драйв-тест қызмет сапасын өлшеу әдістерінің бірі болып табылады (QoS) стационар өлшеулермен қатар, оператор үшін статистика жинау. Басқа әдістерге қарағанда, қозғалыста шығарылған абонент жағынан

драйв-тест өлшеу болып табылады. Абонент жағынан драйв-тест – мобильды байланысты пайдаланатын клиент үшін шарттарды дәлірек айқындау (радишарттарды ауыстыратын тұрақты және айнымалы жылдамдықпен жылжыту), сондай-ақ клиенттің өзінің мінез-құлқы (өлшеу комплекстеріндегі антенна орнату биіктігі, телефондық қосылыстардың тіркесімі және сценариге сәйкес интернет-қызметтерін қолдану, тұтынушылар әрекетіне қарай). Осыған байланысты өлшеу мобильды желінің тұтынушы тәжірибесіне жақындатылған.

Өлшеу «кластерлер» деп аталатын аумақтарды қамтиды. Әр кластерге жеке маршрут таңдалады (ағыл. drive route). Маршрутты салу барысында өлшеу жасалатын аумақты ескереді (urban, rural и т.п.), зеттелетін қызметтер, абонентердің неізгі қозғалысы, өлшеуге қажетті уақыт пен басқа да факторлар.

Осы берілген мобильды оператордың келісім мерзімі кезеңінде тұтынушыға ұялы байланыс ұсынатын, QoS қызметтің сапалы кепілдікті деңгейін анықтайды. Телекоммуникация қызмет саласында QoS үш параметрамен анықталады: қатынау, ақпарат тарату және ажырату, сондай-ақ үш өлшем: жылдамдық, дәлдік және сенімділік. Оператор сапалы қызмет түрін ұсыну керек.

Әртүрлі өндірушілер ұсынған тұтынушылардың әртүрлі мобильды терминалдары үшін көптеген мобильды қосымшалары бар, олар өз кезегінде сапа параметріне былай сипаттама береді [2, 3, 4]:

- оператор, қазіргі сәтте құрылғы кімнің қызметтерін пайдаланады;
- LAC (ағыл. Location Area Code) және CID (ағыл. Cell Identifier). Желіднгі телефонның орналасуын анықтайтын параметр. CID телефон идентификаторы болып табылады, оған қызмет көрсетеді және и көптеген ұяшықтар сәйкесінше тиісті;
- телефонияда, (LTE, 3G, GSM) қазіргі кезде қолданылатын технология;
- сигнал деңгейі дБм-мен (логарифмдік көрсеткіш, қабылданған сигналдың қуат деңгейі n-нен мВт-қа дейін);
- картада қазірге кездегі орналасуын анықтау;
- барлық тұтынушымен жасалған, сигналдың сапасын өлшеуді көрсету;
- барлық тұтынушымен жасаған, Интернет жылдамдығын өлшеуді көрсету;
- сигналдың сапасын анықтайтын бесбаллды шкала, сигналдың сапа деңгейін салыстырмалы классификациялау. Әр деңгейге белгілі түс беріледі, картада нүкте ретінде белгілеу қолданылады;
- картадан белгіленген аймақты басқанда, операторлардың рейтингін көрсетеді;
- операторға қатысты ақпарат, оның қызмет көрсету сапасы, қазіргі уақытта, белгіленге аймақта жақсы болып табылады.

Сапа тұрғысынан тестілеу жасалған кездегі өлшеу нәтижелері Интернет-қосылысты хабарлама түрінде ары қарай e-mail немесе Facebook порталына немесе оператор сайтына оператор мен абонент арасында келісім боған кезде жіберуге болады.

Интернет-қосылыстың сапасын анықтау үшін драйв-тесттен өзге, дауыстық байланыс үшін драйв-тесттер болады. Дауыстың сапасын бағалау үшін өлшеу кезінде 5-баллды MOS шкаласы қолданылады.

MOS (Mean Opinion Score) дауыстық байланысты субъективті бағалау, қабылдаушы тарапқа сигналдың тарату каналы арқылы өтуінен кейін беріледі. Сапаны бағалау шкаласы 5-баллдық қолданылады:

- Өте жақсы – Дауыс толығымен қабылданады және күш керек жоқ;
- Жақсы – Дауыс еркін қабылданады, елеулі күш жоқ;

- Қанағаттанарлық – Дауыс қалыпты қабылданады, ақаулардың болуы талассыз;
- Нашар – Дауыс көңілмен қабылдананды;
- Өте нашар – Дауыс жартылай немесе толығымен қабылданбайды.

Даустық байланыстың сапасын (MOS) бағалаудың субъективті эстимациясының екі әдістерінің бірі қолданылады, ол өлшеу нәтижелерін қайталауды немесе объективтілікті қамтамасыз ету үшін: PESQ немесе POLQA. Сонымен қатар, сәтті және сәтті емес қосылыстар туралы ақпарат жиналады, сондай-ақ үзілген шақырыстар, қосылыс уақыты жайлы, дауыстық сигналдың кодтау түрі және тағы басқа.

Сонымен, оператор ұсынатын қызмет түрлерінің сапасын абонент жағынан бақылайды, себебі өткізілген тест қиындықтар туралы хабарламаны жеткізуді қамтамасыз етеді, абонент жағынан ұялы желіге байланысты. Бұл операторға негізгі қиындықтарды қарастыруға, осы қиындық пайда болған жерлердегі орнын анықтауға және барлық қажетті іс-әрекетті жасау керек және желінің белгілі бір нүктесінде жағдайды түзетуге мүмкіндік береді.

Сапаның көрсеткіштерінің бірыңғай жүйесін құру және нормалау мобильды байланыс желілерінің операторларының, абоненттердің және бақылаушы ұйымдардың өзара әсерлесуі жүйенің түзілуінде басты мақсат болып табылады. Сол себепті, абонент қызметтерді бағалай алады, әртүрлі компаниялармен бір шкаламен сапа көрсеткіштерінің нормасын, ал оператор – желінің функционалдануын оптимизациялау мен сапа бақылауына интегралдық қадамды қалыптастыру.

Сапаны бағалау деңгейін талдаған соң келесі қорытынды жасауға болады:

Абонент жағынан драйв-тесттерді өткізу тек қызметтердің әртүрлі компаниялар ұсынатын драйв-тесттеріне қатысуға мүмкіндік береді, сондай-ақ оператор желісіндегі сапаны бағалауға әсер етуге, сонымен қатар сапа көрсеткіштерінің және нормалаудың бірыңғай жүйесін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

#### **Әдебиеттер:**

1. Иванов А.Б., Засецкий А.В., Постников С.Д., Соколов И.В. Контроль качества в телекоммуникациях и связи: Обслуживание, качество услуг, бизнес-управление. – Новый Орлеан, 2000. – 520 с.
2. Управление качеством услуг в сетях мобильной связи/ [Электронный ресурс] //URL: <http://www.dissercat.com/content/upravlenie-kachestvom-uslug-v-setyakh-mobilnoi-svyazi> (дата обращения: 21.08.2016).
3. В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 400 с.
4. Иванов А.Б., Засецкий А.В., Постников С.Д., Соколов И.В. Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Ч.2: Обслуживание, качество услуг, бизнес-управление. – М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 336 с.

*Поступила 17 августа 2016 г.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Baturbekov E. O. – д.х.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории синтеза и физикохимии полимеров Института химических наук им. А. Б. Бектурова
2. Dalabaeva N. M. – бакалавр Казахстанско-Британского технического университета
3. Абаканов Т. – д.т.н., академик КазНАЕН, директор Института сейсмологии
4. Акимбаева Н.О. – к.х.н., научный сотрудник лаборатории химии физиологически активных соединений Института химических наук им. А. Б. Бектурова
5. Аккулова З. Г. – д.х.н., главный научный сотрудник лаборатории химии полимеров Института органического синтеза и углехимии
6. Амирханова А. К. – к.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории химии полимеров Института органического синтеза и углехимии
7. Ануарбекова И.Н. – доктор PhD, м.н.с. лаборатории химии физиологически активных соединений Института химических наук им. А. Б. Бектурова
8. Арнт О.В. – магистрант, младший научный сотрудник лаборатории химии полимеров института органического синтеза и углехимии
9. Арынов К.Т., – д. т. н., профессор, директор Института инновационных исследований и технологии
10. Ахтаева Н.З. – к.б.н., и.о. доцента кафедры биоразнообразия и биоресурсов факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби
11. Ауешов А.П. – д. т. н., профессор, заведующий лабораторией Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова
12. Василец Е.П. – магистрант, младший научный сотрудник лаборатории химии полимеров Института органического синтеза и углехимии
13. Вернер В.Ф. – д. т. н., профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского института строительных материалов, строительства и архитектуры при Южно-Казахстанском государственном университете им. М. Ауэзова

14. Гармашова Ю.М. – ассоциированный доцент кафедры инфокоммуникационных технологий Алматинского университета энергетики и связи
15. Даржанова Ф.П. – магистрант Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова
16. Ержанов К.Б. – д.х.н., профессор, заведующий лабораторией химии физиологически активных соединений Института химических наук им. А. Б. Бектурова
17. Ескибаева Ч.З. – главный специалист Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова
18. Жакина А. Х. – к.х.н., зав. лабораторией химии полимеров Института органического синтеза и углехимии
19. Зубова О.А. – к.т.н., старший преподаватель кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию КазНУ им. аль-Фараби
20. Калыбеков Т. – д.т.н., профессор Центрально-Азиатского университета
21. Камалиева Н.Н. – бакалавр четвертого курса факультета химии и химической технологии Казахского национального университета имени аль-Фараби
22. Кудайберген Г.К. – М.н.с., докторант института органического синтеза и углехимии
23. Караданов Т.К. – к.т.н., заведующий лабораторией геомоделирования Института космической техники и технологий Национального центра космических исследований и технологий
24. Ким Д.С. – к.т.н., доцент, заместитель начальника отдела радиационной безопасности Института ядерной физики
25. Ли А.Н. – к.ф.-м.н., член-корреспондент КазНАЕН, заместитель директора по науке Института сейсмологии
26. Литвиненко Ю.А. – к.х.н., и.о. доцента кафедры органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
27. Маден Д. – бакалавр, младший научный сотрудник Института инновационных исследований и технологии
28. Мамурова А.Т. – К.б.н., ст. преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
29. Мулдахметов З.М. – д.х.н., академик НАН РК, директор Института органического синтеза и углехимии

30. Мұса К.Ш. к.т.н., старший преподаватель кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию КазНУ им. аль-Фараби
31. Мухамеджанова А.Д. старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий Алматинского университета энергетики и связи
32. Мухаметканова А.М. – магистрант Научно-образовательного центра химической инженерии Казахстанско-Британского технического университета
33. Нуркеева А.Б. – магистр наук, старший научный сотрудник Института инновационных исследований и технологии
34. Садыров Р.К. – к.т.н., учёный секретарь Института сейсмологии
35. Саурбаева Б.С. – к.х.н., старший преподаватель кафедры химии, металлургии и обогащения Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск
36. Чезимбаева К.С. – к.т.н., профессор кафедры инфокоммуникационных технологий Алматинского университета энергетики и связи

## СОДЕРЖАНИЕ

### ХИМИЯ

|  |    |
|--|----|
| <b>АКИМБАЕВА Н.О., АНУАРБЕКОВА И.Н., САУРБАЕВА Б.С., ЕРЖАНОВ К.Б.</b><br>Синтез арилоксипропинаминов и их дитиокарбаминовых производных .....  | 4  |
| <b>АККУЛОВА З.Г., АМИРХАНОВА А.К., ЖАКИНА А.Х., МУЛДАХМЕТОВ З.М.,<br/>ВАСИЛЕЦ Е.П., КУДАЙБЕРГЕН Г.К., АРНТ О.В.</b><br>Влияние многостенных углеродных нанотрубок на сорбционные свойства<br>полимергуминоминеральных композитов ..... | 7  |
| <b>АРЫНОВ К.Т., АУЕШОВ А.П., ВЕРНЕР В.Ф., ЕСКИБАЕВА Ч.З.,<br/>ДАРЖАНОВА Ф.П., НУРКЕЕВА А.Б., МАДЕН Д.</b><br>Синтез волластонита с использованием аморфного кремнезема, полученного из отходов<br>производства хризотил асбеста .....  | 18 |
| <b>ВАТУРБЕКОВ Е. О., DALABAЕVA N. M.</b><br>Development of polymeric films with prolonged anesthetizing action .....   | 24 |
| <b>КАМАЛИЕВА Н.Н., ЛИТВИНЕНКО Ю.А., АХТАЕВА Н.З., А.Т. МАМУРОВА</b><br>Аминокислотный и жирнокислотный составы корней девясила британского (Inula<br>Britannica), произрастающего в Казахстане .....                                   | 29 |

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

|  |    |
|--|----|
| <b>АХМЕДЖАНОВ А.Х., КАРАДАНОВ Т.К.</b><br>Алгоритм расчета оптической толщины атмосферы по спутниковым данным .....  | 35 |
| <b>АБАКАНОВ Т., ЛИ А.Н., САДЫРОВ Р.К.</b><br>Научно-техническое обоснование трассы трансевразийской магистрали «Хоргос–порт Актау–<br>канал «Евразия» через территорию Казахстана .....            | 42 |
| <b>АБАКАНОВ Т., ЛИ А.Н., САДЫРОВ Р.К.</b><br>О разработке новых карт сейсмического микрорайонирования территории города Алматы .....   | 48 |
| <b>ЗУБОВА О.А., КИМ Д.С.</b><br>Исследование взаимосвязи геофизических предвестников землетрясений на фоне<br>сейсмических событий в Алматинской области Республики Казахстан в 2012-2014 гг. .... | 53 |
| <b>ЗУБОВА О.А., КИМ Д.С., МҰСА К.Ш.</b><br>Преимущества и недостатки альтернативного способа изоляции радиоактивных отходов<br>в космическом пространстве .....                                    | 61 |
| <b>ЗУБОВА О.А., КИМ Д.С.</b><br>Преимущества и недостатки различных способов охлаждения активных зон<br>энергетических ядерных реакторов .....   | 70 |
| <b>КАЛЫБЕКОВ Т.</b><br>Повышение эффективности работы сельскохозяйственных товаропроизводителей .....  | 77 |
| <b>ЧЕЖИМБАЕВА К.С., ГАРМАШОВА Ю.М., МУХАМЕДЖАНОВА А.Д.</b><br>Абоненттер санының өзгеруін ескеріп модельдеу және трафикты болжау мүмкіндіктерін<br>талдау .....                                    | 85 |
| <b>ЧЕЖИМБАЕВА К.С., ГАРМАШОВА Ю.М., МУХАМЕДЖАНОВА А.Д.</b><br>Заманауи мобильды байланыс желілеріндегі қызмет сапасын бағалау .....  | 90 |
| <b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> .....   | 95 |

## CONTENTS

### CHEMISTRY

|   |    |
|---|----|
| <b>AKIMBAEVA N.O., ANUARBEKOVA I.N., SAURBAJEVA B.S., YERZHANOV K.B.</b><br>Synthesis of aryloxypopynamines and their dithiocarbamic derivatives .....  | 4  |
| <b>AKKULOVA Z.G., AMIRKHANOVA A.K., ZHAKINA A.KH., MULDAKHMETOV Z.M., VASSILETS E.P., KUDAIBERGEN G.K., ARNT O.V.</b><br>Effect of multiwall carbon nanotubes on sorption characteristics of polymer humic mineral composites ..... | 7  |
| <b>ARYNOV K.T., AUYESHOV A.P., VERNER V.F., YESKIBAYEVA CH.Z., DARZHANOVA F.P., NURKEYEVA A.B., MADEN D.</b><br>Synthesis of wollastonite using amorphous silica produced from production wastes of chrysotile asbestos .....       | 18 |
| <b>BATYRBEKOV E. O., DALABAEVA N. M.</b><br>Development of polymeric films with prolonged anesthetizing action .....  | 24 |
| <b>KAMALIYEVA N.N., LITVINENKO Y.A., AKHTAEVA N.Z., MAMUROVA A.T.</b><br>Amino and fatty acid composition of growing in Kazakhstan Inula Britannica .....   | 29 |

### TECHNICAL SCIENCES

|   |    |
|---|----|
| <b>AKHMEDZHANOV A.H., KARADANOV T.K.</b><br>The algorithm of atmosphere optical thickness calculation using remote sensing data .....   | 35 |
| <b>ABAKANOV T., LEE A. H., SADYROV R.K.</b><br>Scientific and technical justification for the route of the trans-eurasian railway "Khorgos-Aktau port-channel "Eurasia" through the territory of Kazakhstan ..... | 42 |
| <b>ABAKANOV T., LEE A. H., SADYROV R.K.</b><br>About the development of new maps of seismic zoning of territory of Almaty .....   | 48 |
| <b>ZUBOVA O.A., KIM D.S.</b><br>Research of relations between earthquake geophysical presagers against the background of seismic events in Almaty region of the Republic of Kazakhstan since 2012 to 2014 .....   | 53 |
| <b>ZUBOVA O.A., KIM D.S.</b><br>Advantages and Disadvantages of Different Methods of Cooling of Power Nuclear Reactors' Cores .....   | 61 |
| <b>ZUBOVA O.A., KIM D.S., MUSA K.SH.</b><br>Advantaged and Disadvantages of Alternative Ways of Radioactive Wastes' Disposal in Outer Space .....   | 70 |
| <b>KALYBEKOV T.</b><br>Increase of efficiency of work of agricultural commodity producers .....   | 77 |
| <b>CHEZHIMBAEVA K.S., GARMASHOVA Y.M. MUKHAMEJANOVA A.D</b> Analysis of possibility of design and prognostication of traffic taking into account running the number of subscribers .....                          | 85 |
| <b>CHEZHIMBAEVA K.S., GARMASHOVA Y.M. MUKHAMEJANOVA A.D.</b><br>Quality evaluation of services in modern networks of mobile communication .....   | 90 |
| <b>THE INFORMATION ABOUT AUTHORS</b> .....  | 95 |

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Журнал «Известия НТО «Кахак» публикует написанные на русском, казахском, английском и корейском языках оригинальные статьи, обзоры. Журнал дает информацию, связанную с деятельностью общества.

2. В оригинальных статьях могут рассматриваться результаты как теоретических, так и прикладных НИР.

3. Авторы, желающие опубликовать обзорную статью, должны предварительно согласовать ее тематику, представив аннотацию на 1-2 стр. В обзорах следует освещать темы, представляющие достаточно общий интерес по выбранной тематике или отражающие какой-либо важный аспект применения в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и т.д. Допускается обобщение результатов многолетних исследований научных коллективов.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А4. Статья должна начинаться с введения. В нем должны быть даны: содержательная постановка рассматриваемого в статье вопроса, краткие сведения по его истории, отличие предлагаемой задачи от уже известных, или преимущество излагаемого метода по сравнению с существующим. Основная часть статьи должна содержать формулировку задачи и предлагаемый метод ее решения, заключительная часть – краткое обсуждение полученных результатов и, если возможно, пример, иллюстрирующий их эффективность и способы применения.

5. Все статьи проходят именованное рецензирование.

6. Авторы могут представить электронную версию своей статьи по адресу: **izv.ntokahak@mail.ru**

## Требования к оформлению рукописей

Статьи представляются в электронном виде в текстовом редакторе Word 97, формулы набираются с помощью редактора MS Equation 3.0 (2.0) или Chem Draw.

Шрифт Times New Roman 12 pt. Межстрочный интервал одинарный. Поля: верхнее – 2,0 см, нижнее – 2,0 см, левое – 2,0 см, правое – 2,0 см. Абзац – красная строка – 0,5 см.

Текст статьи должен начинаться с указания:

*с левой стороны* – **индексов ГРНТИ и УДК**, *ниже* приводятся:

- название статьи (прописные буквы, форматирование по центру),
- фамилии и инициалы авторов (прописные/светлые, форматирование по центру),
- название организации и ее местонахождение,
- e-mail авторов
- резюме (краткое изложение содержания статьи, дающее представление о теме и структуре текста, а также основных результатах, **7–10 предложений**),
- ключевые слова, обеспечивающие полное раскрытие содержания статьи (**7–10 слов**),
- текст статьи,
- список литературы,
- Ф.И.О. авторов, название статьи, резюме, ключевые слова на трех языках (на казахском, английском и русском).

Рисунки должны быть представлены в отдельном файле.

Статья представляется в **doc** или **docx** формате, а также идентичная копия в **pdf** формате, на электронный адрес журнала, в отдельных файлах дублируются рисунки, таблицы, графики, схемы, а также приводятся сведения об авторах (имя, отчество, ученая степень, ученое звание, служебный адрес, место работы, должность и телефоны для связи).

Ссылки на литературные источники в тексте приводятся в квадратных скобках. Библиографический список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание: общие требования и правила составления».

Компьютерный набор и макетирование Ли У.П.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Курмангазы, 40 (Дом Дружбы), офис 34  
Тел. 8(727)-726774

Подписано в печать 30.09.2016 г.  
Печать трафаретная. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная № 1.  
Тираж 500 экз.

Отпечатано в «Print Express. Издательство и полиграфия»  
Алматы, ул. Курмангазы/Мауленова 110/81  
Тел. 8(727)-2726011, 8(727)-2726050