



УДК 631.4; 556.3

## Олхинские минеральные источники: химия воды и засоление почв

О. Г. Лопатовская<sup>1,2</sup>, В. В. Тахтеев<sup>1</sup>, С. Д. Лазарева<sup>2</sup>, О. В. Зарубина<sup>3</sup>,  
О. Г. Николаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск

<sup>2</sup> Восточно-Сибирская государственная академия образования, Иркутск

<sup>3</sup> Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, Иркутск

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

**Аннотация.** Исследования химического состава минеральной воды Олхинских источников в Шелеховском районе Иркутской области показали, что она имеет гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-магниево-натриевый или гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриево-магниевый состав с минерализацией до 1,52 г/дм<sup>3</sup>. В почвенном покрове вокруг источников преобладают луговые, лугово-болотные, болотные почвы со значениями pH от слабощелочного до нейтрального. По степени засоления они относятся к слабозасоленным. Химический состав почв сходен с химическим составом воды источников. Содержание тяжелых металлов находится в пределах кларка.

**Ключевые слова:** минеральный источник, химический состав, почва, засоление, загрязнение тяжёлыми металлами.

### Введение

В пределах юго-восточной окраины Сибирской платформы распространены многочисленные минеральные источники. Они являются уникальными по своим характеристикам водными микросистемами, зонами контакта наземной и подземной частей гидросферы, рефугиями редких и реликтовых видов водных организмов [2]. Источники являются индикаторами экологического состояния подземных вод, влияют на химический состав окружающих их почв, отражают динамику изменений климата. Это позволяет на их базе проводить комплексные экологические, почвенные и прочие исследования, что и определило цель данной работы, поскольку немногочисленные сведения о почвах близ источников Байкальского региона имеются лишь в отдельных работах [2; 4; 5; 8; 13].

Исследованный нами район Олхинских минеральных источников находится недалеко от Иркутского алюминиевого завода (ИрКАЗ-СУАЛ, г. Шелехов). Почвы, находящиеся в зоне влияния крупных промышленных предприятий, подвержены особо выраженному техногенному воздействию. Поэтому изучение особенностей их химического состава является актуальной задачей и служит важным элементом мониторинга за состоянием окружающей среды.

### Материалы и методы

Месторождение лечебно-столовых вод находится на юге Иркутского артезианского бассейна у подножия Олхинского плато в пойме р. Олхи (бассейн р. Иркут, 52°09'50'' с. ш., 104°06'26'' в. д., высота 447 м над у. м.) [2]. Источник Олхинский-1 разгружается на дне небольшого водоёма глубиной 0,1–0,6 м, площадью 1 м<sup>2</sup>, в котором заметны фонтанирующие выходы подземных вод (грифоны). Дебит равен 0,5 л/с, температура воды в течение всего года 4,5–5,0 °С. Дно водоёма сложено заиленным песком с примесью щебня, детрита. Из родниковой чаши вытекает ручей: через 1,5 м он впадает в р. Олху, зимой замерзающую, летом прогревающуюся до 17–20 °С. Источник Олхинский-2 расположен на левом берегу р. Олхи примерно в 800 м выше по течению от первого, каптирован трубой.

В сентябре 2008 г. близ излияния Олхинских источников были заложены 5 почвенных разрезов глубиной до почвообразующей породы. Образцы отбирали снизу вверх с интервалом 10 см. Три разреза находились в 1, 5 и 20 м от точек разгрузки минеральных вод. Другие два разреза были заложены на склоне юго-западной экспозиции в 15 м от линии железной дороги.

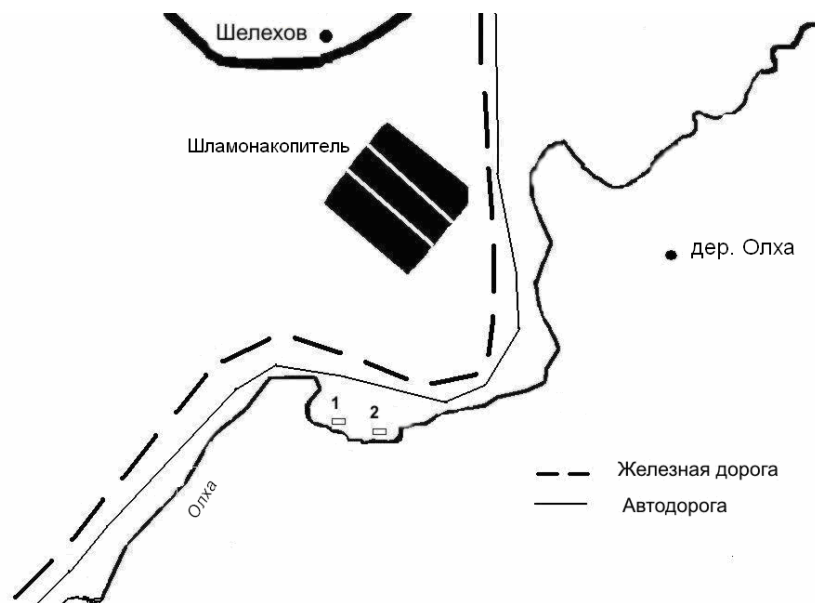


Рис. 1. Карта-схема района исследований: 1 – разрез скважины 27; 2 – разрез скважины 26

Почвы сформировались под разнотравным березово-сосновым лесом на мощных (2–3 м) карбонатных отложениях, обнажающихся на берегу реки. Температуру воды измеряли ртутным лабораторным термометром. Гидрохимические пробы отбирали ежеквартально в течение года; анализы проводили по общепринятым методикам [10]. Общие результаты анализов представлены в виде формулы М. Г. Курлова.

Анализ почвенных образцов проводили общепринятыми в почвоведении методами [1; 12].

Почвы находятся под влиянием аэротехногенных выбросов Иркутского алюминиевого завода, содержащих соединения фтора, цинка, свинца и пр. Для характеристики загрязнения почв проводили элементный анализ содержания веществ, которые указывают на характер и количество загрязнителей (мг/кг почвы) в луговой почве у скважины 27.

Приготовленные растворы разложенных образцов почв анализировали на масс-спектрометре Agilent (Agilent Technologies Inc., США, 2005 г.) в рамках полуколичественного ИСП-МС анализа, погрешность которого лимитируется набором элементов в градуировочном растворе. При этом необходимо заметить, что метрологические характеристики стабильности работы масс-спектрометра и одинаковые условия измерения всех образцов (в один день при одних и тех же параметрах работы прибора) позволяют проводить относительное сравнение между экспериментами с погрешностью менее 10 %. Подачу проб осуществляли с помощью микропоточного распылителя (0,3 мл/мин) и системы ввода агрессивных растворов.

Калибрование прибора выполняли по мультиэлементному калибровочному стандарту 2А (Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, U, V, Zn – 9,76 ppm, 3 % HNO<sub>3</sub>) и стандартному раствору тория (1000 мг/г или 979,49 ppm). Дрейф прибора отслеживали по внутреннему стандарту In и по контрольной пробе (усредненный по всем пробам раствор), измеряемой через каждые 10 образцов.

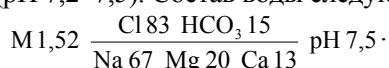
Для определения валового содержания микроэлементов в почвах применяли количественный атомно-эмиссионный метод анализа с дуговым возбуждением в оптимальных условиях аттестованной методики [7]. Оптимальные условия анализа и нивелирование матричных влияний в применяемой методике достигались использованием специальных модификаторов, внутреннего стандарта и возбуждением в дуге, стабилизированной воздушным потоком по способу Сталлвуда. Анализ атомно-эмиссионным методом выполняли на спектрографах ДФС-8, 13 с регистрацией спектров на многоканальном анализаторе МАЭС. Пробы готовились в соответствии с ранее разработанной схемой пробоподготовки [6]. Для контроля правильности полученных результатов применялись стандартные образцы состава почв GSS-2, 4, 6 (Китай) и донных отложений GSD-7, 12 (Китай), БИЛ-1, 2 (Россия).

### **Результаты и обсуждение**

Олхинский минеральный источник располагается в непосредственной близости от месторождения минеральной воды «Иркутская»,

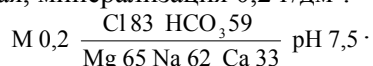
добываемой из скважин, и имеет сходный с ней химический состав [2]. Воды Олхинского месторождения, забираемые из скважин, преимущественно хлоридно-сульфатные натриевые, с минерализацией до 4 г/дм<sup>3</sup> в интервале 248–278 м, и сульфатно-хлоридные кальциево-магниево-натриевые с минерализацией 2,5 г/дм<sup>3</sup> в интервале 278–302 м. Они вскрыты в трещиноватых и кавернозных доломитах и известняках усольской и бельской свит нижнего кембрия, содержание радона в них – до 110 эман [11; 14].

Установлено, что минерализация воды источника Олхинский-1 колеблется в течение года от 0,75 до 1,52 г/дм<sup>3</sup>. По химическому составу вода гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-магниево-натриевая, со слабощелочной реакцией (рН 7,2–7,5). Состав воды следующий:



По общепринятым критериям [3], воду источника Олхинский-1 можно отнести к категории минеральных малой минерализации (с содержанием солей 1–5 г/дм<sup>3</sup>).

Состав воды источника Олхинский-2 определен как гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриево-магниево-натриевый. Вода с незначительным запахом сероводорода, её реакция нейтральная, минерализация 0,2 г/дм<sup>3</sup>:



Луговые, лугово-болотные и болотные почвы, формирующиеся на исследуемой территории, подвержены как пойменному процес-

су р. Олхи, так и влиянию вод источников. Почвенный профиль сложный, большей частью хорошо дренирован. В нём отмечается слоистость и чередование почвенных горизонтов разной мощности и гранулометрического состава (от мелкого щебня и песка до лёгких и тяжёлых суглинков).

Химические анализы почв около минеральных источников показали, что почвы засолены нейтральными солями при рН от 7,6 до 8,3. Сумма солей изменяется от 0,1 до 0,7 %. В химическом составе почв преобладают хлориды и сульфаты кальция, магния и натрия (табл. 1).

Концентрация солей в почвах в определённой степени зависит от почвообразующей породы, а также от уровня грунтовых вод и химизма вод источников. Так, в разрезе 1 близ источника Олхинский-2 (луговая почва) соли аккумулируются у водоупорного горизонта. Под влиянием источника в их составе преобладают хлориды кальция и натрия. На удалении 5 м максимальные концентрации сульфата натрия связаны с составом почвообразующей породы. Присутствие среди солей карбоната кальция также зависит от состава карбонатных почвообразующих пород. Соли концентрируются в основном в верхних частях почвенного профиля. Повышенные содержания солей на глубине 0–30 см связаны с тем, что атмосферные осадки, выпавшие в сентябре 2008 г., промыли верхний горизонт почвы.

Таблица 1

Результаты анализа водной вытяжки почв из разрезов близ выходов Олхинских источников

№ разреза	Глубина, см	Сумма солей, %	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na+K <sup>-</sup>
			мг/экв. на 100 г почвы					
P.1.	0–10	0,17	0,44	0,60	1,51	1,50	0,10	0,95
	10–20	1,20	0,72	1,28	15,23	4,50	0,50	12,28
	20–30	0,75	0,60	0,80	9,41	2,50	0,50	7,81
	30–40	0,14	0,36	0,56	1,16	1,30	0,40	0,38
	40–50	0,15	0,36	0,64	1,39	1,00	0,80	0,59
	50–60	0,21	0,32	0,72	2,24	1,70	0,80	0,78
	60–70	0,15	0,32	0,60	1,32	0,90	0,60	0,74
P.2.	70–80	0,14	0,32	0,60	1,37	1,00	1,00	0,29
	1–13	0,11	0,60	0,72	0,24	0,30	0,02	1,06
	13–46	0,08	0,52	0,44	0,17	0,50	0,02	0,43
P.4.	46–80	0,13	0,40	1,00	0,70	0,60	0,40	1,10
	0–10	0,11	0,60	0,80	0,38	0,80	0,60	0,38
P.5.	10–20	0,19	0,28	0,68	1,93	1,20	0,10	1,59
	0–3	0,08	0,36	0,84	0,19	0,40	0,60	0,39
	3–17	0,18	0,48	0,86	1,55	0,80	0,70	1,29
	17–30	0,09	0,60	0,60	0,17	0,50	0,60	0,27
	30–39	0,08	0,60	0,56	0,17	0,50	0,50	0,33
	39–60	0,06	0,40	0,56	0,05	0,50	0,50	0,01

Разрез 4 (болотная почва) имеет короткий почвенный профиль (до 15 см). В составе солей преобладают хлориды и сульфаты кальция и натрия. В разрезе 5 (лугово-болотная почва) на удалении 5 м от предыдущего в максимальных концентрациях присутствуют хлориды кальция и магния.

Анализ водной вытяжки показал, что состав солей в почвах неоднороден. Общим для всех почв является присутствие в нём хлоридов, гидрокарбонатов и сульфатов кальция. В элементном составе отмечаются превышения кларков по таким элементам, как стронций, барий, цезий (табл. 2).

Данные по валовому содержанию В, Cu, Zn, Ge, Mo, Ag, Sn, Tl, Pb и среднему содержанию по разрезу ( $C_{\text{ср}}$ ), значения кларков для

почв по А. П. Виноградову (К) [3], коэффициенты кларков концентраций ( $K_k$ ) и значения ПДК [9] представлены в таблице 3. Полученные результаты показывают, что показатели содержания определяемых микроэлементов по горизонтам исследуемого разреза имеют средние значения, не превышающие ПДК. Это свидетельствует о том, что рассматриваемая территория не загрязнена тяжёлыми металлами (в частности, Cu, Zn, Sn и Pb). При сравнении с кларками по Виноградову повышенное содержание В (3,32), Zn (1,84) и Pb (1,82) указывает на элементы-индикаторы, присущие для исследуемой территории. Для всех элементов отмечается их накопление в нижней части профиля, что связано с особенностями состава почвообразующих пород региона (см. табл. 3).

Таблица 2

Элементный состав тяжёлых металлов в луговой почве близ выходов Олхинских источников, мг/кг

Глубина, см	Rb85	Sr88	Mo95	Cd114	Sn120	Cs133	Ba138	La139	Ce140	Pb208
0–10	84,95	199,89	0,39	0,18	2,37	2,54	590,06	27,51	51,38	19,06
10–20	89,86	207,57	0,42	0,17	2,36	3,50	583,99	30,33	64,05	18,19
20–30	78,83	187,94	0,41	0,05	1,88	1,94	588,28	20,58	42,91	17,14
30–40	82,33	198,62	0,43	0,12	1,98	2,06	614,05	24,86	53,36	17,58
40–50	83,85	206,65	0,60	0,11	2,19	2,45	624,87	24,87	53,02	18,49
50–60	75,57	185,03	0,28	0,05	2,17	2,74	578,86	24,36	51,73	17,22
60–70	90,20	196,31	0,43	0,06	1,88	2,69	635,49	28,13	57,59	17,91
70–80	88,70	169,16	0,22	0,00	1,16	1,52	655,00	16,46	31,64	18,62

Таблица 3

Валовое содержание микроэлементов в луговой почве близ выходов Олхинских источников, мг/кг

Глубина, см	B	Cu	Zn	Ge	Mo	Ag	Sn	Tl	Pb
	мг/кг								
0–10	29	22	100	1,5	0,6	0,15	3,6	<0,3	19
10–20	34	21	99	1,2	0,7	0,20	3,9	0,6	15
20–30	29	17	88	1,4	0,6	0,14	3,1	0,5	21
30–40	48	16	78	1,1	0,5	0,16	3,4	0,4	17
40–50	26	18	94	1,3	0,7	0,13	3,1	0,6	19
$C_{\text{ср}}$	33	19	92	1,3	0,62	0,15	3,4	0,4	18
$K^*$	10	20	50	–	2,0	–	10,0	13,0	10
$K_k$	3,32	0,94	1,84	–	0,31	–	0,34	0,03	1,82
ПДК**	–	132	220	–	–	–	4,5	–	32

\* – кларки для почв по А. П. Виноградову [3]; \*\* – предельно допустимые концентрации [9]

### Заключение

Установлено, что воды Олхинских источников имеют различный ионно-солевой состав и степень минерализации. Вода источника Олхинский-1 является минеральной, гидрокарбонатно-хлоридной кальциево-магниевно-натриевой, с минерализацией до 1,52 г/дм<sup>3</sup>. Вода источника Олхинский-2 слабо минерализована

(0,2 г/дм<sup>3</sup>), однако её химический состав отличается от вод большинства поверхностных водоёмов Восточной Сибири. Почвы вблизи источников незасоленные или слабозасоленные, содержание солей в них не превышает 0,7 %. Близость источников незначительно влияет на степень засоления почв. Тем не менее, катионно-анионный состав почв соответствует химическому составу воды источников. Химиче-

ский состав воды позволяет использовать её в качестве лечебно-столовой питьевой.

Анализ тяжёлых металлов в почвах показал, что содержание стронция, бария, цезия, бора, цинка и свинца не превышает ПДК и находится в пределах кларков по А. П. Виноградову, что свидетельствует о достаточно благополучной экологической обстановке на исследованном участке.

#### Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. А. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970. – 487 с.
2. Биота водоемов Байкальской рифтовой зоны / отв. ред. А. С. Плешанов. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 231 с.
3. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
4. К познанию гидрофауны горных источников Байкало-Ленского заповедника / Н. И. Шабурова [и др.] // Тр. Гос. природ. заповед. «Байкало-Ленский». – Иркутск : РИО НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. Вып. 4. – С. 89–91.
5. К характеристике водных и наземных биоценозов в местах выходов термальных источников в восточном Прибайкалье // Гидробиология водоёмов юга Восточной Сибири / В. В. Тахтеев [и др.]. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. – С. 111–136.
6. Контроль правильности определения микроэлементов в почвах и донных грунтах с использованием разных методов анализа / О. В. Зарубина

[и др.] // Аналитика и контроль. – 2002. – № 3. – С. 44–50.

7. Кузнецова А. И. Свидетельство об аттестации МВИ № М 06-2008 / А. И. Кузнецова, Н. Л. Чумакова, О. В. Зарубина. – Иркутск : ФГУП ВНИИФТРИ, 2008.

8. Куликов Г. В. Минеральные лечебные воды СССР : справочник / Г. В. Куликов, А. В. Жевлаков, С. С. Бондаренко. – М. : Недра, 1991. – 399 с.

9. Перечень ПДК и ОДК химических веществ в почве № 6229-91. (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91) : гигиен. нормативы. – М. : Информ. центр Госкомсанэпиднадзора России, 1995. – 8 с.

10. Резников А. А. Методы анализа природных вод / А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколова. – М. : Недра, 1970. – 488 с.

11. Саратова Н. Д. Отчёт по детальным поискам пресных и минеральных вод с целью обеспечения гидроминеральной базы дома отдыха «Олха» Иркутского района. / Н. Д. Саратова. – Иркутск, 1991. – С. 50–97.

12. Теория и практика химического анализа почв / ред. Л. А. Воробьева. – М. : ГЕОС. – 400 с.

13. Ткачук В. Г. Минеральные воды южной части Восточной Сибири / В. Г. Ткачук, Н. И. Толстихин. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1961. – Т. 1. – 346 с.

14. Чемоданова Л. В. Экспертное заключение по запасам природных лечебных ресурсов (минеральные воды) в Шелеховском и Казачинско-Ленском районах / Л. В. Чемоданова, О. Г. Николаева. – Фонды ГПП «ИркутскГеология», 2003. – 22 с.

## Olkha mineral springs: water chemical composition and soils salination

O. G. Lopatovskaya<sup>1,2</sup>, V. V. Takhteev<sup>1</sup>, S. D. Lazareva<sup>2</sup>, O. V. Zarubina<sup>3</sup>, O. G. Nikolaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State University, Irkutsk

<sup>2</sup> East-Siberian State Academy of Education, Irkutsk

<sup>3</sup> Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk

**Abstract.** The research of a chemical composition of water in Olkha mineral springs (Shelekhov district in Irkutsk area) carried out, physical and chemical properties of soils are studied. It is revealed, that water has hydricarbon-chloride calcium-magnesian-sodium or hydricarbon-chloride calcium-sodium-magnesian composition. The salt content not exceeded 1,52 g/l. Near of the springs meadow, marsh and meadow-marsh soils are prevailing. These soils have pH from light alkaline down to neutral. On the salinisation degree studied soils are poorly-salty. The chemical composition in soils corresponds to the same in springs water.

**Key words:** mineral springs, chemical composition, soils, salinisation, pollution.

*Лопатовская Ольга Геннадьевна  
Иркутский государственный университет  
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5  
кандидат биологических наук, доцент  
тел. (395 2) 24-18-70, факс (395 2) 24-05-59  
E-mail: lopatovs@mail.ru*

*Lopatovskaya Olga Gennadyevna  
Irkutsk State University  
5 Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003  
Ph. D. in Biology, ass. prof  
phone: (395 2) 24-18-70, fax: (395 2) 24-05-59  
E-mail: lopatovs@mail.ru*

*Тахтеев Вадим Викторович*  
Иркутский государственный университет  
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5  
доктор биологических наук, профессор  
тел. (395 2) 24-19-27, факс (395 2) 24-18-55  
E-mail: amphipoda@yandex.ru

*Лазарева Светлана Дмитриевна*  
Восточно-Сибирская государственная академия  
образования  
664003, Иркутск, ул. Н. Набережная, 6  
аспирант  
тел. (395 2) 24-03-99, факс (395 2) 24-05-59  
E-mail: maslo@mail.ru

*Зарубина Ольга Васильевна*  
Институт геохимии им. А. П. Виноградова  
СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1а  
кандидат геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник.  
тел. (395 2) 89149136540  
E-mail: zarub@jgc.irk.ru

*Николаева Ольга Геннадьевна*  
Иркутский государственный университет  
664003, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5  
аспирант  
тел. (395 2) 24-18-70, факс (395 2) 24-05-59  
E-mail: olga\_nik71@mail.ru

*Takhteev Vadim Viktorovitch*  
Irkutsk State University  
5, Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003  
Dr. Sc. of Biology., Prof.  
phone: (395 2) 24-19-27, fax: (395 2) 24-18-55  
E-mail: amphipoda@yandex.ru

*Lazareva Svetlana Dmitryevna*  
East-Siberian State Academy of Education  
6 Nizhnyaya Naberezhnaya St., Irkutsk, 664011  
doctoral student  
phone: (395 2) 24-03-99, fax: (395 2) 24-05-59  
E-mail: maslo@mail.ru

*Zarubina Olga Vasilyevna*  
Institute of Geochemistry SB RAS,  
1a Favorsky St., Irkutsk, 664033  
Ph. D. in Geology and Mineralogy,  
senior research scientist  
phone: (395 2) 89149136540  
E-mail: zarub@jgc.irk.ru

*Nikolaeva Olga Gennadyevna*  
Irkutsk State University  
5, Sukhe-Bator St., Irkutsk, 664003  
doctoral student  
phone: (395 2) 24-18-70, fax: (395 2) 24-05-59  
E-mail: olga\_nik71@mail.ru