



Библиографический список

1. Белоусов В.М., Будэ И.Ю., Радзимович Я.Б. Физико-географическая характеристика и проблемы экологии Юго-Западной ветви Байкальской рифтовой зоны: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2000. 160 с.
2. Бешенцев А.Н. Геоинформационная оценка природопользования. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. 118 с.
3. Бурятия: природные ресурсы / К.Ш. Шагжиев [и др.]. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 1997. 280 с.
4. Выркин В.Б., Кузьмин В.А., Снытко В.А. Общность и различие некоторых черт природы Тункинской ветви котловин // География и природные ресурсы. 1991. № 4. С.61–68.
5. История Бурятской АССР. Улан-Удэ, 1954. 644 с.
6. Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование. Новосибирск: Академическое издание «Гео», 2010. 186 с.
7. Щетников А.А., Уфимцев Г.Ф. Структура рельефа и новейшая тектоника тункинского рифта (Юго-Западное Прибайкалье). М.: Научный мир, 2004. 160 с.
8. Мельник А.В. Динамика антропогенных ландшафтов Западного Забайкалья (историко-географический аспект). М.: Изд-во МИИГАиК, 1999. 342 с.
9. Ларин С.И. Основные этапы освоения ландшафтов Тункинских котловин // Историко-географические исследования Южной Сибири. Иркутск, 1991. С.70–85.
10. Атутова Ж.В. Роль природопользования в преобразовании геосистем Тункинской ветви котловин в конце XVIII – начале XX века // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С.124–128.
11. Комплексная оценка территории Тункинского национального парка. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1995. 84 с.

УДК 612.014

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ ПЕРСОНАЛА ПОЛИГОНОВ ПО ЗАХОРОНЕНИЮ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ© С.С. Тимофеева¹, С.С. Тимофеев², Л.В. Шешукова³

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены профессиональные риски, обусловленные воздействием химического фактора, для персонала, работающего на полигонах по захоронению твердых бытовых отходов (ТБО). Приведена характеристика полигона по захоронению ТБО в г. Иркутске, представлены морфометрические данные по составу отходов и эмиссии свалочных газов. Рассчитаны массовые выбросы основных компонентов свалочных газов. Показано, что наибольшую долю в свалочных газах составляют метан и сероводород, рассмотрены механизмы токсического действия этих веществ и даны практические рекомендации по снижению профессиональных рисков.

Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: профессиональные риски; персонал; полигоны твердых бытовых отходов; свалочные газы; метан; сероводород.

PROFESSIONAL RISKS OF SOLID WASTE DISPOSAL LANDFILL STAFF**S.S. Timofeeva, S.S. Timofeev, L.V. Sheshukova**

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, Russia, 664074.

The paper deals with professional risks associated with the exposure to chemical factors for the staff of solid waste landfills. It characterizes a landfill for solid waste disposal in the city of Irkutsk; presents morphometric data on the waste composition and landfill gas emissions; calculates the mass emissions of the main components of landfill gases. Methane and hydrogen sulfide are shown to constitute the largest fraction of landfill gases. The toxicity modes of these substances are examined and practical recommendations to reduce professional risks are given.

1 figure. 1 table. 4 sources.

Key words: professional risks; staff; solid waste landfills; landfill gases; methane; hydrogen sulfide.

Практически для всех крупных городов Российской Федерации одной из основных задач в области охраны среды обитания человека является решение проблемы утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов. Неиспользуемые отходы – это миллиарды тонн безвозвратно теряемых материальных ресурсов. Кроме того, отходы – источник поступления

вредных химических и биологических компонентов в окружающую среду.

Сегодня проблема отходов стала одной из важнейших экономических, ресурсных и экологических проблем в мире. Количество образующихся и перерабатываемых отходов не только является показателем экономического потенциала, но и характеризует уро-

¹Тимофеева Светлана Семеновна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой промэкологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952) 405106.

Timofeeva Svetlana, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: (3952) 405106.

²Тимофеев Семен Сергеевич, старший преподаватель кафедры промэкологии и безопасности жизнедеятельности.

Timofeev Semen, Senior Lecturer of the Department of Industrial Ecology and Life Safety.

³Шешукова Лариса Васильевна, аспирант.

Sheshukova Larisa, Postgraduate student.



вень технологического, социального и культурного развития общества.

До настоящего времени самым распространённым способом размещения отходов остаётся захоронение неотсортированных отходов на полигонах и свалках, что ведёт к безвозвратной потере до 90% полезной продукции, имеющей реальный спрос на рынке вторичного сырья, при этом содержание ценных компонентов в отходах нередко близко к содержанию их в добываемом сырье.

Решение проблем переработки и утилизации отходов происходит крайне медленно, что связано, прежде всего, с кризисными явлениями в экономике и финансовым дефицитом.

В связи с изменением промышленного производства, уровня жизни населения, увеличением рынка услуг значительно изменился качественный и количественный состав отходов. В условиях рыночной экономики в государстве существует острая необходимость обеспечения максимально возможной безопасности технологических процессов и максимально возможного использования всех отходов.

На территории Российской Федерации размещено 11 699 полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), которые распределены по группам санитарно-эпидемиологического благополучия следующим образом: I группа составляет 4,33%, II группа – 51,22%, III группа – 44,45%.

Количество санкционированных свалок – 14405, площадь, которую они занимают, составляет около 43088,9 га.

Количество несанкционированных свалок – 10365, площадь, которую они занимают, составляет около 15288,5 га.

При общей огромной площади Российской Федерации 17 075,4 тыс. кв. км ежегодное отчуждение земель под свалки и полигоны составляет 0,0006%.

Площадь Иркутской области 767,9 тыс. кв. км. С севера на юг она протянулась почти на 1,5 тыс. км, с запада на восток – на 1,3 тыс. км. В пределах области 37 муниципальных образований, в том числе районов – 23, городов областного значения – 14, городов районного значения – 8, поселков городского типа – 55, сельских администраций – 384, населенных пунктов в сельской местности – 1497.

В области проживает 2,7 млн чел. (1,9% жителей России). Средняя плотность населения – 3,6 чел./кв. км (в России – 8,5 чел./кв. км). В городах сосредоточено 80% населения, в сельской местности – 20%.

В Иркутской области ежегодно образуется более 800 тыс. т отходов.

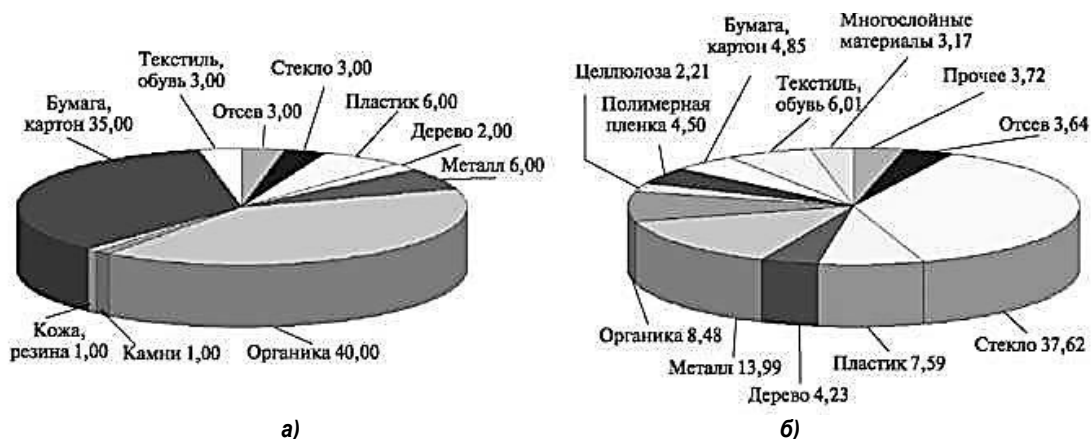
В результате проведенного в 2008 году органами местного самоуправления анализа материалов инвентаризации объектов размещения отходов установлено, что на территории Иркутской области, включая Усть-Ордынский Бурятский округ, находится 817 объектов размещения отходов, занимающих площадь 4 101,8 га, на которых хранится 133,7 млн тонн отходов, в том числе 82,4 млн тонн промышленных и 52,2 млн тонн твердых бытовых отходов.

Объекты размещения отходов подразделяются по видам:

- 182 санкционированные свалки ТБО (имеют землеотвод), площадь 719 га (в т.ч. полигоны ТБО);
- 572 несанкционированные свалки ТБО, площадь 909,8 га;
- 23 золошлакоотвала, площадь 1682,7 га;
- 30 шламонакопителей, площадь 491,3 га;
- 8 лигнинохранилищ, площадь 82,0 га;
- 2 помехохранилища, площадь 49,0 га;
- 8 котлованов, площадь 10,4 га;
- 70 площадок с грунтовым покрытием, площадь 161,3 га, а также прочие объекты.

Иркутск является крупнейшим промышленным центром Восточно-Сибирского региона с более чем полумиллионным населением. Основа материального производства городского хозяйственного комплекса – предприятия промышленного профиля (теплоэнергетика, авиационное, тяжелое машиностроение), бурно развивающийся торговый сектор, а также транспорт. Промышленные предприятия и муниципальные учреждения являются основными источниками образования колоссального количества отходов в городе.

Обращение с ТБО предусматривает захоронение на Иркутском полигоне, приводящее к отчуждению земель, загрязнению почв, поверхностных вод, подземных водоносных горизонтов. Единственный городской полигон занимает площадь 41,8767 га и расположен в Иркутском административном районе недалеко от городской черты, в 1,5 км к северо-востоку от 7-



Состав ТБО полигонов в Иркутске и Ольхонском районе



го км Александровского тракта. Из общей площади земельного участка, переданного в бессрочное пользование под полигон отделу коммунального хозяйства администрации г. Иркутска, неосвоенными остались около 10 га. Ежегодный объем поступающих на полигон твердых бытовых и приравненных к ним видов отходов (например, 12 045 м³/год строительного мусора) более 1 млн м³.

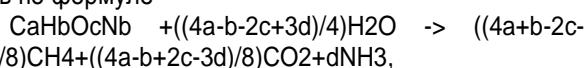
Объем ТБО складывается из 3 потоков: жилой фонд, торговые организации, промышленные предприятия. Суммарный объем ТБО – более 2,3 млн куб.м. По данным единой городской системы обращения с отходами (АСОИ) за 9 месяцев 2010 на городской полигон поступило 1.6 млн куб.м с территории г. Иркутска и 50 тыс. куб.м с территории Иркутского района. Усредненный состав твердых бытовых отходов в России следующий (%): бумага – 35, пищевые органические отходы – 40, пластик – 6, металлы – 4, резина, кожа, текстиль – 1, стекло – 3, дерево – 2, прочие – 12.

На рисунке приведен состав ТБО, поступающих на Иркутский полигон и на недавно запущенный в эксплуатацию полигон в Ольхонском районе.

Любой полигон твердых бытовых отходов представляет собой большой биохимический реактор, в недрах которого в процессе эксплуатации, а также в течение нескольких десятилетий после закрытия в результате анаэробного разложения отходов растительного и животного происхождения образуется биогаз, или, как его иногда называют, свалочный газ [1].

Свалочный газ (биогаз, канализационный или болотный газ, газ-метан) является побочным продуктом анаэробного разложения органических веществ бытовых отходов. Гниение мусора происходит под воздействием бактерий. Они производят первичное разложение мусора на летучие жирные кислоты и перерабатывают последние. Макрокомпонентами свалочного газа являются метан и диоксид углерода, их соотношение может меняться от 40–70% до 30–60% соответственно. В существенно меньших концентрациях присутствуют азот, кислород, водород. В качестве микропримесей в состав свалочного газа могут входить десятки различных органических соединений. В определенных концентрациях свалочный газ токсичен. Показатели токсичности определяются наличием ряда микропримесей, например, сероводорода, придающего свалочному газу резкий неприятный запах. Теплота сгорания свалочного газа составляет от 21 до 27,2 МДж/м³. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен: 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута или 1,5 кг дров [2].

Теоретически образование биогаза можно рассчитать по формуле



где a,b,c,d – стехиометрические коэффициенты.

Экспериментально установлено, что выход биогаза и его основного компонента – метана – из отдельных субстратов составляет (л/кг): целлюлоза – 0,082, протеины – 0,098, жиры – 0,143 и выход метана соответственно (%) 50,0; 51,5; 71,4. Для оценки газоносного потенциала полигона ТБО можно использовать

уравнение $Gt = G_e(1 - \exp(-k(t-t_0)))$, где Gt – количество образующегося газа по годам (время) м³/т; G_e – общее количество образующегося газа, м³/т отходов; k – константа разложения, равная $\ln(0,5)/\text{период полураспада}$ для органических отходов; t – возраст отходов, год; t_0 – начало захоронения отходов, год.

Скорость разложения существенно отличается для различных типов органических веществ. Пищевые отходы состоят из легкоразлагаемых веществ с периодом полураспада около одного года. Бумага, картон, дерево – трудно разлагаемые вещества с периодом полураспада 5–15 лет. Пластмассы, синтетические углеводороды практически не разлагаются.

Расчет ожидаемого количества биогаза, выделяющегося при анаэробном разложении 1 т ТБО, в соответствии с нормативными документами рекомендует выполнять по формуле

$$V_{p,6} = P_{\text{ТБО}} \cdot K_{\text{л.о}} \cdot (1-Z) K_p, \quad (1)$$

где $V_{p,6}$ – расчетное количество биогаза, м³; $P_{\text{ТБО}}$ – общая масса ТБО, складываемых на полигоне, кг; $K_{\text{л.о}}$ – содержание легкоразлагаемой органики в 1 т отходов ($K_{\text{л.о}} = 0,5 \dots 0,7$); Z – зольность органического вещества ($Z = 0,2 \dots 0,3$); K_p – максимально возможная степень анаэробного разложения органического вещества за расчетный период ($K_p = 0,4 \dots 0,5$).

С учетом непредвиденных обстоятельств удельный объем биогаза, который можно собрать с 1 т твердых бытовых отходов за весь период эксплуатации системы сбора биогаза, определяется по формуле

$$V_{p,6} = V_{p,6} K_c K, \quad (2)$$

где $V_{p,6}$ – объем биогаза, который можно собрать с 1 т ТБО, м³; K_c – коэффициент эффективности системы сбора биогаза ($K_c = 0,5$); K – коэффициент поправки на непредвиденные обстоятельства ($K = 0,65 \dots 0,70$).

При расчетах надлежит принимать такие величины:

- весовое количество биогаза, получаемого при анаэробном разложении, 1 г биогаза с 1 г разложенного беззольного вещества ТБО;
- объемная масса биогаза – 1 кг/м³;
- теплотворная способность биогаза – 5000 ккал/м³ (~21 МДж/м³).

Исходя из морфологического состава ТБО и сроков эксплуатации полигона, можно просчитать количество свалочных газов, присутствующих в атмосфере полигона. Учитывая тот факт, что образование свалочного газа – непрерывный процесс, можно ожидать наличие профессиональных рисков по химическому фактору для персонала, работающего на полигоне.

Объектом нашего исследования были условия труда бульдозеристов, трактористов, приемщиков, водителей, т.е. персонала, работающего на Иркутском полигоне ТБО.

Исследуемый полигон ТБО занимает площадь 41,87 га, расположен в Иркутском районе, обслуживает г. Иркутск и ближайшие поселения. С начала эксплуатации на полигоне было размещено более 900 тысяч тонн уплотненных ТБО.



Свалочные газы от Иркутского полигона ТБО

Компоненты свалочного газа	Удельные массы (Руд.і), мг/м ³	Разовые выбросы (Mi), г/с	Валовые выбросы (Gi), т/год
Метан	2,2	108,92	3286,00
Углерода диоксид	4,8	235,87	7119,60
Углерода оксид	0,03	1,50	43,32
Аммиак	0,06	3,10	90,75
Толуол	0,08	4,21	117,20
Азота диоксид	0,01	0,65	18,60
Ангидрид сернистый	0,008	0,41	11,40
Ксилол	0,05	2,60	78,86
Этилбензол	0,011	0,55	14,80
Формальдегид	0,012	0,56	13,95
Сероводород	0,003	0,15	2,60

Для оценки газовой продуктивности полигона были проведены полевые газохимические исследования свалочного газа. Отбор образцов свалочного газа проводился в июле 2012 года в соответствии с методическими рекомендациями и требованиями ГОСТ 31370-2008, 53091-2008, 17.4.4.02-84. Пробы свалочного газа анализировали портативным газоанализатором, который позволял на месте определить содержание метана, диоксида углерода и кислорода в объёмных процентах, а также скорость газового потока на глубине 0,6–0,8 метров от поверхности свалочного тела.

Для получения достоверной, объективной информации были выделены газопродуктивные блоки на поверхности полигона. Пробоотбор осуществлялся по квадратной сетке. Расстояние между точками опробования в сетке составляло 50 метров.

На основе данных, полученных в ходе газохимических исследований, установлены объёмы выхода, период эмиссии и ореол рассеяния свалочного газа с рассматриваемого полигона ТБО, принято, что в настоящий момент там накоплено 1300000 тонн отходов. В таблице приведены расчеты выбросов свалочных газов с Иркутского полигона.

Как видно из расчетных данных, в воздухе над полигоном содержится большое количество загрязняющих веществ и это достаточно серьезный источник загрязнения токсичными для человека веществами.

Из всего букета токсичных компонентов свалочных газов с точки зрения профессиональных рисков для персонала представляют опасность метан и сероводород. При длительном воздействии на человека малых доз метана (20–25%) наблюдаются первые признаки асфиксии, при высоких концентрациях метана в воздухе (свыше 30%) могут возникать острые отравления. В литературе описано, что у людей, постоянно работающих в шахтах или на производствах, где в воздухе присутствуют метан и другие предельные углеводороды, наблюдаются заметные сдвиги со стороны вегетативной нервной системы. Некоторые исследователи связывают возникновение у шахтеров нистагма (непроизвольных колебательных движений глаз с высокой частотой – до нескольких сотен движений в минуту) с длительным воздействием метана [3,4].

ПДК сероводорода в зависимости от страны: Испания – 0,004 мг/м³, Россия, Украина – 0.008 мг/м³,

Венгрия – 0.15 мг/м³. При больших концентрациях сероводорода при вдыхании наступает практически мгновенная смерть (много таких случайных смертей по неосмотрительности происходит с работниками канализации и водоснабжения при попытке спуститься в люк). Негативно воздействует сероводород на пищеварительную систему, провоцируя базальную секрецию соляной кислоты секреторным аппаратом слизистой оболочки желудка (повышается pH желудочного сока). Сероводород относится к высокоопасным веществам. Это нервный яд, вызывающий судороги, а в последствии паралич дыхательной мускулатуры и дыхательного центра (остановка дыхания, смерть).

В результате прямого раздражающего действия сероводорода на влажные ткани глаз развивается кератоконъюнктивит, известный под названием «газовый глаз». При ингаляции сероводород раздражает верхние дыхательные пути и повреждает более глуболежащие структуры. В условиях воздействия очень высоких концентраций сероводорода (до 450 мг/м³) население жаловалось на неприятный запах, тошноту, нарушение сна, появление чувства жжения в глазах, кашель, головную боль и потерю аппетита. Действие повышенных концентраций сероводорода (в промышленных условиях) может привести к развитию отека легких. В ряде работ описано влияние повышенного содержания сероводорода в атмосферном воздухе на здоровье населения. Результаты таких воздействий могут быть различными – от неприятных ощущений до тяжелых поражений. Один из наиболее трагических эпизодов связан с небольшим мексиканским городком Поса-Рико, где в 1950 г. произошел выброс большого количества сероводорода в результате аварии системы сжигания отходящих газов на заводе по восстановлению серы. Несгоревший газ в условиях атмосферной инверсии достиг территории жилого поселка, и в течение 3 ч было госпитализировано 320 чел., из них 22 умерло.

Исходя из представленных данных следует обратить внимание на высокие профессиональные риски работающих на полигоне по химическому фактору и рекомендовать мероприятия по их снижению через внедрение системы управления профессиональными рисками, обеспечение рабочих компенсационными выплатами и выдачу молока. Согласно ч.1 ст.222 Трудового кодекса РФ на работах с вредными условиями



труда выдаются бесплатно по установленным нормам молоко или другие равноценные пищевые продукты. Как показано нашими расчетами, на полигоне постоянно генерируются алифатические предельные и непредельные углеводороды в достаточно высоких

концентрациях и персонал постоянно в течение смены находится под их воздействием в концентрациях, меняющихся в широком диапазоне в зависимости от климатических условий.

Библиографический список

1. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов / Н.Ф. Абрамов [и др.]. М.: АКХ им. К. Д. Памфилова, 2004. 20 с.
2. Систер В.Г., Мирный А. Н. Современные технологии обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов. М.: АКХ им. К.Д. Памфилова, 2003. 304 с.

3. Robertson D. S. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere / D. S. Robertson // Current science. Volume 90. 2006. № 12. P.1607–1609.
4. Robertson D. S. The Harriet Lane Handbook: A Manual for Pediatric House Officers / D. S. Robertson; 17 edition. Philadelphia: Mosby, 2005. 1168 p.

УДК 531.22: 550.3(571.5)

ОБЪЁМНАЯ МОДЕЛЬ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО ГАББРО-PЕРИДОТИТОВОГО МАССИВА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ) ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

© Е.Х. Турутанов¹, А.В. Степаненко², Б. Буянтогтох³

^{1,2,3}Институт земной коры СО РАН,

661033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

¹Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

На основе интерпретации гравитационных аномалий в редукции Буге определены форма и размеры Йоко-Довыренского габбро-перидотитового массива, расположенного в Северном Прибайкалье. По результатам компьютерного моделирования построены разрезы массива, схемы строения его кровли и мощности. Установлено, что средняя толщина массива в зависимости от принятой для расчётов избыточной плотности составляет 1 – 2 км. Подводящие каналы на моделях не проявились.

Ил. 8. Библиогр. 10 назв.

Ключевые слова: гравиметрия; габбро-перидотитовый массив; моделирование.

3-D MODEL OF YOKO-DOVYRENSKY GABBRO-PERIDOTITE MASSIF (NORTH BAIKAL REGION) BASED ON GRAVIMETRIC DATA

E.Kh. Turutanov, A.V. Stepanenko, B. Buyantogtokh

Institute of the Earth Crust SB RAS,

128 Lermontov St., Irkutsk, Russia, 664033.

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, Russia, 664074.

Interpretation of gravimetric anomalies in the Bouguer reduction has made it possible to determine the shape and dimensions of the Yoko-Dovyrensky gabbro-peridotite massif located in the North Baikal region. Its cross-sections, top and thickness structures are constructed on the basis of computer simulation results. It has been found that the average massif thickness is 1–2 km depending on the values of excess density involved in calculating. The feeders did not become apparent in the models.

8 figures. 10 sources.

Key words: gravimetry; gabbro-peridotite massif; simulation.

Введение. Вопрос о форме и размерах базит-ультрабазитовых плутонов до последнего времени (за редким исключением) остаётся открытым. Зачастую это ведёт к неверной оценке объёмов мафит-ультрамафитового магматизма, что увеличивает

неоднозначность геодинамических реконструкций. Геометрические параметры интрузивных тел обусловлены тектоническими условиями их становления, поэтому знание особенностей глубинной морфологии плутонов может помочь в понимании проблем генези-

¹Турутанов Евгений Хрисанфович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией комплексной геофизики Института земной коры, доцент Института недропользования НИ ИргТУ, тел.: (3952) 428792, e-mail: tur@crust.irk.ru
Turutanov Evgeny, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Head of the Laboratory of Integrated Geophysics of the Institute of the Earth Crust, Associate Professor of the Institute of Exploration of Natural Resources NR ISTU, tel.: (3952) 428792, 89086611976, e-mail: tur@crust.irk.ru

²Степаненко Артём Владимирович, аспирант, лаборант, тел.: 89501005694.
Stepanenko Artyom, Postgraduate, Laboratory Assistant, tel.: 89501005694.

³Буянтогтох Базарин, аспирант, научный сотрудник Центра астрономии и геофизики МАН, Монголия.
Buyantogtoх Bazarin, Postgraduate, Research Worker of the Center of Astronomy and Geophysics MAS, Mongolia.