

УДК 622.83

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ПУЧЕНИЕМ ПОРОД ПОЧВЫ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

¹Демин В.Ф., ²Яворский В.В., ¹Демина Т.В., ¹Стефлюк Ю.Ю.

¹РГП на ПХВ «Карагандинский государственный технический университет», Караганда,
e-mail: vladfdemin@mail.ru;

²Карагандинский государственный индустриальный университет, Темурмай, e-mail: kgiu@mail.ru

Проявление горного давления в выработках в виде пучения пород почвы обусловлено влиянием большого числа естественно-геологических и производственно-технологических факторов. Наибольший эффект в борьбе с пучением достигается путем разгрузки вмещающего выработку массива от высоких напряжений. Разработана технология анкерного крепления, направленная на снижение пучения под почвы в различных горнотехнических условиях разработки, при применении различных видов крепи с учетом осложняющих факторов ведения горных работ с учетом геомеханических условий проведения и поддержания выработки. Применение технологии по поддержанию позволит повысить устойчивость породных обнажений в выработке с учетом форм проявления действия горно-геологических и горнотехнических факторов ведения горных работ. Определены параметры установки в почву выработки припочвенных анкеров, предусматривающей установку анкерной крепи в почву вдоль бортов горной выработки. Забуриваются наклонные шпуров под анкеры под углом 20–40° к вертикали. Длина шпуров предусматривается из расчета технической возможности их бурения и принимается равной 1,6; 2,4 и 2,9 м. Предусматривается перекрестная установка анкеров (под прямым углом) в слои пород почвы. Шаг установки перекрестно ориентированных напочвенных анкеров рекомендуется равным двойной величине количества арок металлоарочной крепи на 1 пог. метре выработки.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, вмещающий массив горных пород, выбор прогрессивных средств и способов крепления горных выработок

DEVELOPING EFFECTIVE WAYS OF COMBATING SOIL SPECIES IN SWELLING CAPACITY OF PREPARATORY EXCAVATIONS OF COAL MINES

¹Demin V.F., ²Javorskij V.V., ¹Demina T.V., ¹Stefflyuk Y.Y.

¹Karaganda state technical university¹, Karaganda, e-mail: vladfdemin@mail.ru;

²Karaganda state industrial university, Temurmay, e-mail: kgiu@mail.ru

Of rock-pressure Manifestation in workings in the form of swelling rocks soil due to the impact of a large number of natural and geological and industrial and technological factors. The greatest effect in combat precisely is achieved by unloading the containing an array of high voltages. The technology of anchoring to reduce frost heave in soil under different mining conditions of development, while applying different types of support given the complicating factors of mining, taking into account the geomechanical conditions and maintenance. Application of technology of keeping will enhance the stability of rock outcrops in the form of the geological and geotechnical factors of mining. The parameters of setting are certain in soil of making of anchors envisages setting of the roof bolting in soil along the sides of the mountain making. Sloping spud under anchors under the corner of 20 – 40° to the vertical line. Length of is envisaged their calculation of economic feasibility of their boring drilling and accepted by equal 1,6; 2,4 and a 2,9 m. The cross setting of anchors (at right angles) is envisaged in the layers of breeds of soil. The step of setting of the cross oriented anchors is recommended equal to the double size of amount of archs on 1 por. Meter.

Keywords: tensely-deformed state, containing array of mountain breeds, choice of progressive facilities and methods of fastening of the mountain making

При разработке угольных месторождений довольно часто встречаются деформации пород почвы в виде выдавливания их внутрь выработок. Пучение обычно наиболее интенсивно проявляется в подготовительных выработках. Вследствие особенностей генезиса угольных месторождений непосредственная почва пластов, как правило, сложена более слабо по сравнению с остальными породами-разностями. Кроме того, в них развиты зоны сдвига, вызванные разной степенью уплотнения пород и последующими тектоническими процессами. Пучение пород почвы усложняет ведение горных работ, опыт

показывает, что уже при достижении в выработках величин пучения более 300–350 мм необходимо применение технологических мер борьбы с ним. Интенсивность и абсолютная величина перемещений при пучении связаны с горно-геологическими и производственно-техническими факторами.

Анализ позволяет выделить два основных типа пучения пород при прохождении горных выработок: пучение глинистых пород вследствие их набухания, связанного со специфическими особенностями минералогического и коллоидно-химического состава глинистых грунтов и как проявление горного

давления в связи с проведением горных выработок.

В пластовых подготовительных выработках при залегании в почве угольных пластов слоистых аргиллитов и алевролитов процесс разрушения пород почвы и пучения включает стадии: расслоения по поверхности напластования без разлома расслоившихся пород; разлома расслоившихся пород под выработкой на блоки в форме многошарнирных арок; разрушения пород почвы под боками выработки с выдавливанием их в выработку [1, 5, 7]. Вздутие пород почвы является следствием выдавливания мягких пород из-под пят околострековых целиков или нетронутого горного массива.

Цель исследования – разработка эффективных способов борьбы с пучением пород почвы в подготовительных выработках угольных шахт.

Материалы и методы исследования

Анализ производственной деятельности шахт Карагандинского угольного бассейна, ведущих разработку на больших глубинах (преимущественно, более 500–600 м) в условиях слабых вмещающих пород, показывает, что значительная часть протяженных выработок постоянно находится в состоянии ремонта или работ, связанных с поддержанием их в удовлетворительном эксплуатационном состоянии. На выполнении таких маломеханизированных работ занято около 10–12% подземных рабочих структурно связанных, прежде всего, с ликвидацией последствий процесса пучения пород почвы в выработках (60%) и перекреплением (40%). Так, в 2014 г. удельный объем перекрепления выработок на действующих шахтах Карагандинского угольного бассейна достиг 5,5 м на 1000 т добычи, а затраты труда на ремонт и поддержание выработок 200 чел-см на 1 км протяженности подерживаемых выработок в год или около 20 чел-см на 1000 т добычи. Эти мероприятия трудоемки (0,2 чел-см/м), требуют дополнительных материальных затрат (3–5 тыс. руб/м) и снижают скорость отработки запасов на 30–40%. На шахтах бассейна при ежегодном росте протяженности выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии на 2–3%, перекрепляется от 30 до 50% выработок, нуждающихся в ремонте.

На основе существующих гипотез и опираясь на производственный опыт, разрабатываются способы и средства, обеспечивающие предотвращение или снижение интенсивности этого процесса.

Проявление горного давления в выработках в виде пучения пород почвы обусловлено влиянием большого числа естественно-геологических и производственно-технологических факторов. Однако устойчивость породных обнажений выработки и прилегающих к ней горных пород зависит, главным образом, от физико-механических свойств пород и действующих в них напряжений, обусловленных массой вышележащих пород, тектоническими нарушениями и схемами и порядком ведения горных работ. Поэтому все мероприятия по снижению пучения пород почвы направлены на изменение показателей этих двух групп факторов или на использование наиболее благоприятного сочетания.

Все меры борьбы с пучением пород горных выработок могут быть подразделены на пять групп: использование благоприятных горно-геологических и технических условий (проведение выработки вприсечку к выработанному пространству, позади очистного забоя, в обрушенных и уплотненных породах); укрепление пород (применение анкерной крепи, полимерное упрочнение почвы и использование смол); разгрузка породного массива (взрыво-щелевая разгрузка породного массива, управление устойчивостью горной выработки взрывной бутовой полосой, устройство разгрузочных щелей, разгрузка массивов горных пород с помощью выбуривания пласта, торпедирование пород кровли в выемочных выработках); комбинированные способы (активная разгрузка с последующим упрочнением с образованием обратного свода, взрывоукрепление с одновременной разгрузкой массива горных пород и его укреплением, разгрузка пород почвы буровзрывным способом с последующим применением усиливающих крепей-лежней и гидростоек); специальные методы борьбы (применение замкнутых и усиливающих крепей, а также комбинированные крепи).

Наибольший эффект в борьбе с пучением достигается путем разгрузки вмещающего выработку массива от высоких напряжений. В качестве способов разгрузки возможно применение проведения разгрузочных выработок, создание различного рода щелей и скважин, взрывание пород с образованием в почве зон дробления и т.п. Данные решения характеризуются весьма сложной технологией работ, большой трудоемкостью и стоимостью.

Это приводит к тому, что в практике эксплуатации угольных шахт основным способом по-прежнему остается подрывка вспучившихся пород, т.е. ликвидируются последствия этого явления, а не его причины. При этом достигается только кратковременный и незначительный эффект, а в долгосрочной перспективе на борьбу с пучением расходуются большие материальные и трудовые затраты.

В последнее время начинает успешно применяться способ борьбы с пучением путем крепления кровли (почвы) сталеполлимерной и другими видами анкерной крепи высокой несущей способности [3, 10, 11, 12].

Ниже рассматриваются технологические разработки с применением анкерного крепления, направленные на снижение и предотвращение пучения пород почвы в горных выработках.

Анкерная крепь применяется для сохранения достаточного уровня монолитности приконтурных пород путем ограничения их смещений в выработку, что позволяет максимально поднять эффективность, надежность, максимальный безремонтный срок службы и безопасность выработок.

Процессами пучения пород почвы можно управлять в т.ч. за счет формы поперечного сечения выработки с расположением к породам кровли в виде обратного тραπεцевидного контура – грузонесущего свода (рис. 1), который позволяет повысить устойчивость почвы выработок [2, 8, 9, 11].

Результаты исследования и их обсуждение

Прогрессивным способом является активное упрочняющее воздействие на породы почвы выработки посредством анкерного крепления. Для его реализации необходимо

определение необходимой толщины упрочняемого слоя горных пород в почве, за счет упрочняющего слоя установленных в нее анкеров с формированием опорных блоков для опоры для несущего свода выработки на опорные блоки [5, 7] (рис. 2), исходя из глубины распространения зоны пучения в почве выработки, которую определяют по известному методу проф. Цимбаревича П.М. [12]:

$$x_0 = \frac{H_1 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}; \quad (1)$$

φ – угол внутреннего трения пород почвы, град.

H_1 – высота пригрузки почвы, приведенная к объемному весу пород почвы, м;

$$H_1 = h \frac{\gamma_6}{\gamma_{\text{п}}}; \quad (2)$$

где h – высота стен выработки, м;
 γ_6 – объемный вес пород боковых пород, т/м³;
 $\gamma_{\text{п}}$ – объемный вес пород почвы, т/м³;

Проведен анализ степени зависимости X_0 глубины распространения зоны пучения в почве выработки к объемному весу боковых пород, пород почвы и высоты стенок выработки: $h = 3,0; 3,5$ и $4,0$ м; $\gamma_6 = 2,0; 2,5; 3,0$ т/м³, H_1 изменяется от $4,0; 5,0$ до $6,0$ м.

Исходя из расчетных значений расчетов построена номограмма (рис. 3).

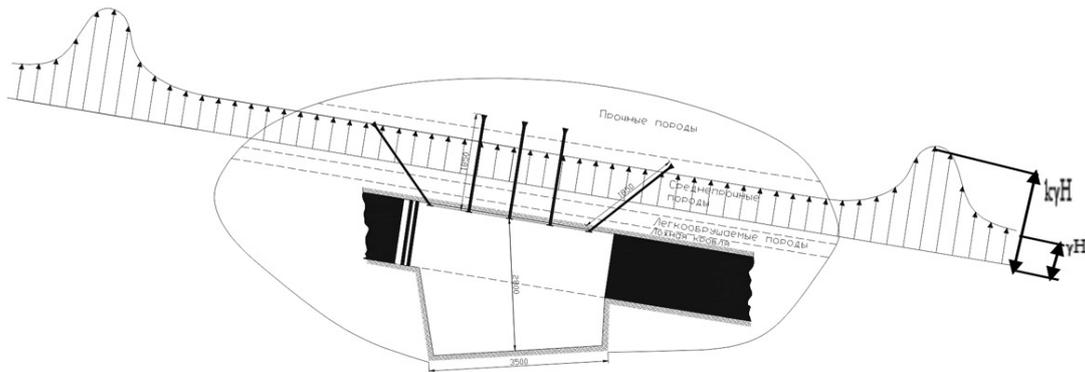


Рис. 1. Управление процессами пучения почвы за счет обратного трапецевидного контура выработки. Γ – плотность горных пород т/м³; H – глубина разработки; k – коэффициент роста величины опорного давления

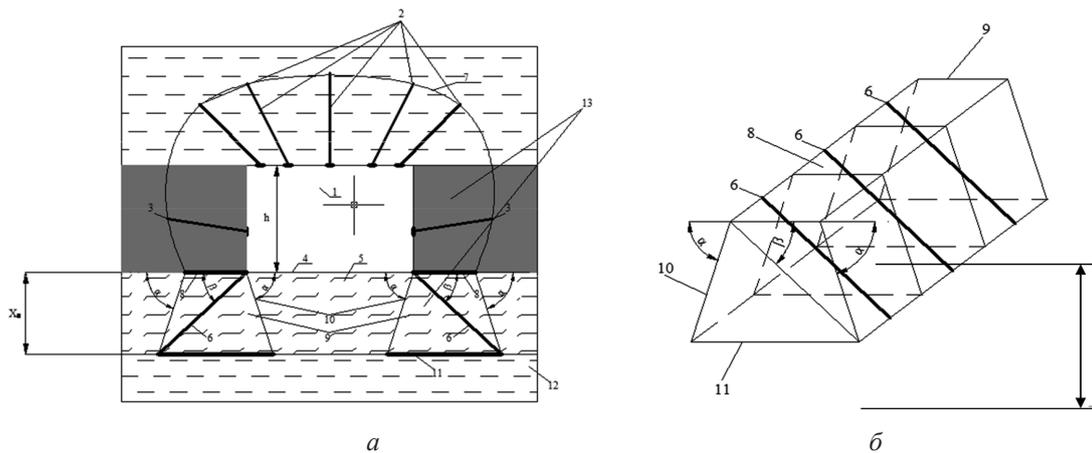


Рис. 2. Создание опорных блоков в почве выработки для поддержания ее свода.
 а – способ крепления и упрочнения пород почвы; б – опорные блоки в почве. 1 – выработка; 2 – сталеполимерные кровельные анкера; 3 – сталеполимерные боковые анкера; 4, 5 – пучащиеся слои почвы выработки; 6 – сталеполимерные анкера в почву выработки; 7 – контур несущего свода выработки; 8 – основание несущего свода; 9 – опорные блоки; 10 – линии скольжения пород пучащего слоя; 11 – нижнее основание опорного блока; 12 – слой устойчивых пород; 13 – зона укрепления пород вокруг выработки

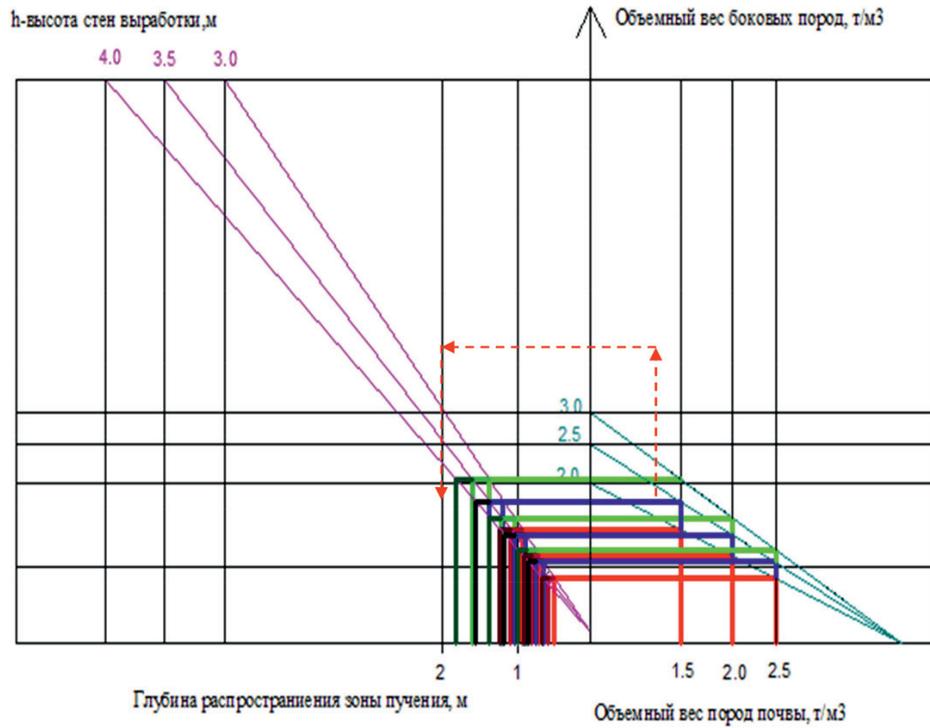


Рис. 3. Номограмма для определения глубины распространения зоны пучения в почве выработки в зависимости от влияющих факторов

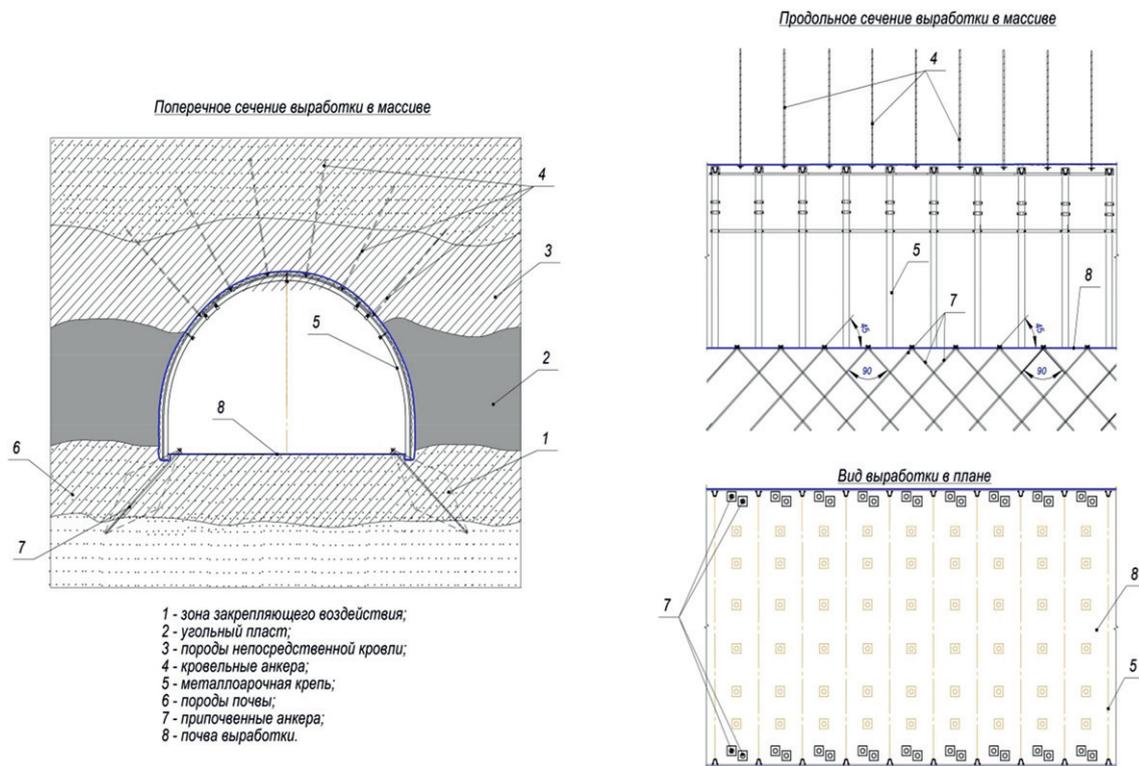


Рис. 4. Поперечный (а), продольный (б) разрез выработки с припочвенными анкерами и вид в плане – схема установки припочвенных анкеров относительно арок металлоарочной крепи (в)

Как видно из расчетов, с ростом значения объемного веса пород кровли меньше глубина распространения зоны пучения в почве выработки или чем больше значение объемного веса боковых пород и высоты стен выработки, тем больше глубина распространения зоны пучения [4].

Разработана также технология анкерного крепления, направленная на снижение пучения пород почвы в различных горно-технических условиях разработки, при применении различных видов крепи с учетом осложняющих факторов ведения горных работ с учетом геомеханических условий проведения и поддержания выработки. Технология работ по установке крепи – припочвенных анкеров предусматривает установку анкерной крепи в почву вдоль бортов горной выработки. Забуриваются наклонные шпуров под анкеры под углом 20–40° к вертикали. Длина шпуров предусматривается их расчета технической возможности их бурения и принимается равной 1,6; 2,4 и 2,9 м. Предусматривается перекрестная установка анкеров (под прямым углом) в слое пород почвы (рис. 4).

Длину анкеров, устанавливаемых в почву выработки, рекомендуется определять по эмпирической формуле, полученной для условий шахт Карагандинского бассейна:

$$L = 6,75 * B_v * H_p / P_p, \text{ м}, \quad (3)$$

где 6,75 – эмпирический коэффициент;
 B_v – ширина горной выработки в черне, м;
 H_p – величина пучения пород почвы, м;
 P_p – прочность пород почвы на сжатие, МПа.

Шаг установки перекрестно ориентированных напочвенных анкеров рекомендуется равным двойной величине количества арок металлоарочной крепи на 1 пог. метре выработки.

Выводы

Применение технологии анкерного крепления, направленной на снижение пучения пород почвы выработок способствует повышению устойчивости породных обнажений с учетом горно-геологических, геометрических и горнотехнических условий ведения горных работ.

Определены параметры установки в почву выработки припочвенных анкеров, предусматривающей установку анкерной крепи в почву вдоль бортов горной выработки. Забуриваются наклонные шпуров под анкеры под углом 20–40° к вертикали. Длина шпуров предусматривается их расчета технической возможности их бурения и принимается равной 1,6; 2,4 и 2,9 м. Предусматривается перекрестная установка анкеров (под прямым углом) в слое пород почвы. Шаг установки перекрестно ориентированных напочвенных анкеров рекомендуется равным двойной величине количества арок металлоарочной крепи на 1 пог. метре выработки.

Список литературы

1. Артемьев В.Б., Коршунов Г.И., Логинов А.К. и др. Горная геомеханика. – СПб.: Наука. – 2011. – 102 с.
2. Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А. и др. Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса. – Днепропетровск. ТОВ «ЛізуновПрес». – 2012. – 426 с.
3. Борщ-Компониц В.И. Практическая механика горных пород. Пособие для горных инженеров. – М.: Издательство «Горная книга», 2013. – 322 с.
4. Демин В.Ф., Журов В.В., Демина Т.В. Геомеханика при креплении горных выработок/LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG. – Germany. 3013. – 185с.
5. Защепин А.С., Плескунов И.В. Способ охраны участков подготовительных выработок (патент РФ № 2338066). 27.12.2011.
6. Лушников В.Н., Еременко В.А., Сэнди М.П. и др. Крепление горных выработок в условиях деформируемых и удароопасных массивов горных пород. – Горный журнал. – 2014. – № 4. – С. 37–43.
7. Осипов А.Н., Булкин А.В., Гусельников Л.М. и др. Способ борьбы с пучением почвы горных выработок (патент РФ № 2438018). Публикация патента 27.12.2011.
8. Eremenko V.A., Louchnikov V.N., Sandy M.P., Mikin D.A., Milsin E.A. Gornyi Zhurnal – Mining Journal. – 2013. – № 7. – P. 59–67.
9. Kuzmin S.V., Salvasser I.A., Meshkov S.A. Mechanism of rock heaving developing and it ways to fighting JSC «SUEK Kuzbass». Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Издательство: Горная книга – М. S3, 2014. – С. 120–126.
10. Nierobisz A. Development of roof bolting use in Polish coal mines. Journal of mining science. Volume: 47 Issue: 6 Pages: 751760. Published: NOV 2011. View Journal Information.
11. Pivnyak G., Bondarenko V., Kovalevska I. Mining of Mineral Deposits. A Balkema Book. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group an informa business. London. – 371 p.
12. Rozenbaum M.A., Demekhin D.N. Deformational criteria for the stability of roof rocks and rock bolts. Journal of mining science. Volume: 50 Issue: 2 Pages: 260264. DOI: 10.1134/S1062739114020082. Published: MAR – 2014.