

6. O'reilly M. P., New B. M. Settlement above tunnels in the United Kingdom – Their magnitude and prediction //Proc. the Tunneling 82 Conference, Brighton. 1982. Pp. 173-181.

7. Karakus M., Fowell, R. J. Effects of different tunnel face advance excavation on the settlement by FEM //Tunnelling and Underground Space Technology. 2003. T. 18. no. 5. Pp. 513-523.

8. Minguez F., Gregory A., Guglielmetti V. Best practice in EPB man-Agency // Tunnels and Tunnelling International, November. 2005. Pp. 21-25.

9. Suwansawat S., Einstein H. H. Artificial neural networks for predicting the maximum surface settlement caused by EPB shield tunneling // Tunneling and Underground Space Technology. 2006. T. 21. no. 2. Pp. 133-150.

10. S. G. Ercelebi, H. Copur, I. Ocak Surface settlement predictions for Istanbul Metro tunnels excavated by EPB-TBM //Environmental Earth Sciences. 2011. T. 62. no. 2. Pp. 357-365.

11. Herrenknecht M., Thewes, M., Budach, C. The development of earth pressure shields: from the beginning to the present. Entwicklung der Erddruckschilde: Von den Anfängen bis zur Gegenwart // Geomechanics and Tunnelling. 2011. Vol. no. 1. Pp. 11-35.

УДК 622.831.1

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА ОБРУШЕНИЯ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ ПРИ РАБОТЕ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ ПО ПЛАСТУ «ТОЛМАЧЁВСКИЙ» В ГРАНИЦАХ УКЛОННОГО ПОЛЯ 18-2**

В.О. Торро, А.В. Ремезов, Е.В. Кузнецов, В.В. Климов

*Рассмотрены исследования по определению фактического шага обрушения основной кровли в ходе работы очистных забоев по пласту «Толмачёвский» на шахте «Полысаевская» как основного параметра, определяющего интенсивность воздействия опорного давления на выработки, прилегающие к очистному забою.*

*Ключевые слова: очистной забой, основная кровля, шаг обрушения, опорное давление, самопишущий манометр, зона ПГД, динамический процесс, сейсмическая активность, место заложения монтажной камеры.*

Необходимость обеспечения безопасности при ведении горных работ определяет актуальность решения вопроса эффективного поддержания монтажной камеры и выработок, оконтуривающих выемочный столб, которые в процессе ведения очистных работ подвергаются интенсивному воздействию опорного давления. В этой связи на шахте Полысаевская были проведены исследования по определению шага обрушения основной кровли.

Инструментальные исследования проявлений горного давления проведены в 2011 году, в очистном забое № 18-10 пласта «Толмачевский», путём оценки изменения нагружения секций механизированной крепи ла-

вы по мере ее подвигания, для определения шага обрушения основной кровли.

Непосредственная кровля на протяжении выемочного столба 18-10 сложена мелко и среднезернистым трещиноватым алевролитом мощностью 2...12 м. На отдельных участках мощность её уменьшается до 0...0,5 м и замещается крепким песчаником.

Основная кровля исследуемого участка представлена мелкозернистыми алевролитами мощностью 0...14 м, с прочностью на сжатие  $\sigma_{сж} = 30-40$  МПа, на растяжение  $\sigma_p = 3,5$  МПа, объёмной массой  $2,55 \text{ т/м}^3$ , выше которых залегают мелкозернистые песчаники мощностью 8...20 м с прочностью на сжатие  $\sigma_{сж} = 60$  МПа, на растяжение  $\sigma_p = 6,9$  МПа и объёмной массой  $2,56 \text{ т/м}^3$ .

По обрушаемости кровля относится к среднеобрушаемой. Обрушение крупноблочное, осадки основной кровли прогнозируются резкими и динамичными по характеру. По нагрузочным свойствам основная кровля является тяжелой.

Для регистрации изменения давления в поршневой полости гидростоек во всё время наблюдений на секциях механизированной крепи № 76, 77, 78, 79, а в зоне ПГД дополнительно на секциях № 128, 129 были установлены тарированные самописцы-манометры типа М-81. Наблюдения проводились на протяжении 132 м подвигания лавы.

Для получения достоверной информации о нагружении гидростоек секций при работе лавы снятие показаний с манометров М-81 производилось не реже 1 раза в 3 суток. Полный период наблюдений регламентировался качеством полученных результатов (т.е. пригодностью их для дальнейшего использования) и скоростью подвигания лавы.

Обработанные результаты наблюдений сравнивались с данными работы лавы (количество стружек) зафиксированными маркшейдерской службой шахты. Как отдельный показатель выделялось приращение давления в поршневой полости гидростойки при передвижке соседних секций механизированной крепи. Определялись параметры динамических процессов (время, частота динамического процесса, максимум давления за цикл) по циклам. По результатам работы самописцев-манометров отстраивались графики зависимости нагружения гидростоек секций от времени наблюдений и подвигания лавы. После окончания наблюдений часовой механизм проверялся на точность хода. Значения давления сравнивались с первичными тарировочными графиками.

В процессе анализа периодичности изменения давления по результатам наблюдений сравнивались величины инструментально установленных данных. Для этого показания самописцев, установленных в зоне влияния ПГД, сопоставлялись с данными манометров на секциях, расположенных вне зоны ПГД. Определенный по данным исследований, фактический шаг обрушения пород основной кровли наносился на план

горных работ, для разработки рекомендаций по выбору рационального места заложения демонтажной камеры.

На участке выемочного столба лавы № 18-10 отмечены зоны ПГД от влияния оставленных целиков и краевых частей вышерасположенного пласта «Бреевский», параметры которых определялись согласно [1, 2]. Средняя мощность пород междупластья пластов «Толмачевский» и «Бреевский» составляет 60 м.

Прогнозный, расчётный вторичный и последующие шаги обрушения основной кровли составляют 17 м.

Анализ результатов работы очистного забоя № 18-10 за период инструментальных наблюдений дал следующие результаты:

- общее количество циклов работы очистного забоя за период с 10.08.11 - 24.08.11 составило 129, при среднем подвигании лавы за цикл 1 м;

- фактическое подвигание очистного забоя за 15 суток составило 132 м, а средняя скорость подвигания лавы 8,6 м/сут.

Общее количество циклов работы очистного забоя 18-10 за период инструментальных наблюдений приведено в табл. 1.

**Таблица 1**

**Количество циклов работы лавы №18-10 за период наблюдений**

Дата	Количество циклов в смену, шт.			
	Номер смены			
	1	2	3	4
10.08.11	2	4	3	4
11.08.11	0	3	3	4
12.08.11	1	3	2	3
13.08.11	1	3	0,5	0,5
14.08.11	1	1,5	0	0
15.08.11	2	4	4	3
16.08.11	1	4	2	1
17.08.11	2	4	3	2
18.08.11	1	3	0	0
19.08.11	2	0	4	3
20.08.11	1	3	3	3,5
21.08.11	0	3	3,5	3
22.08.11	1	3	3	2
23.08.11	1	4	3	1
24.08.11	1	1	1,5	3

Обработанные результаты инструментальных наблюдений за периодичностью нагружения секций механизированной крепи в очистном забое 18-10 пласта «Толмачевский» отражены в табл. 2.

Анализ зависимостей, полученных по результатам работы самописцев, показал, что зависание и обрушение консолей пород кровли пласта

«Голмачевский», связанных с мощностью песчаников, слагающих основную кровлю на исследуемом выемочном участке шахтного поля, можно охарактеризовать как установившееся.

**Таблица 2**

**Средневзвешенные значения нагружения гидростоек секций в лаве 18-10 за период наблюдений**

Дата	Давление в гидростойке секции, Р, кг/см <sup>2</sup>							
	Номер секции, расположенной в середине лавы (вне зоны ПГД)					Номер секции, расположенной в зоне ПГД		
	76	77	78	79	среднее значение	128	129	среднее значение
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.08.11	388	332	-	422	381	400	372	386
11.08.11	316	296	-	344	319	436	388	412
12.08.11	395	316	-	438	383	390	420	405
13.08.11	345	320	-	327	331	338	346	342
14.08.11	415	350	-	-	382	380	360	370
15.08.11	346	371	341	346	351	366	275	320
16.08.11	424	347	322	359	363	389	354	371
17.08.11	433	325	319	349	356	371	399	385
18.08.11	346	-	423	428	399	457	350	403
19.08.11	446	-	445	416	436	394	331	362
20.08.11	365	-	396	415	392	382	314	348
21.08.11	416	-	340	371	375	285	350	317
22.08.11	331	-	386	272	329	390	374	382
23.08.11	348	-	404	300	350	339	412	375
24.08.11	408	-	353	283	348	291	361	326

Шаг формирования зависящей консоли пород кровли равен половине зафиксированной протяженности по длине выемочного столба участка роста нагрузки на секции механизированной крепи составляет 15...17 м. Такая зависимость справедлива при мощности песчаников в кровле пласта до 10 м и при мощности пород непосредственной кровли до 5 м. При увеличении мощности непосредственной кровли шаг обрушения основной кровли уменьшается, а на участках зон ПГД шаг обрушения, как правило, конкретизируется по длине и стабилизируется.

По данным горно-геологического прогноза на отработку выемочного столба № 18-10 на обрабатываемом участке возможна встреча локальных зон резкого уменьшения мощности непосредственной кровли от 0,5 до 1 м, зон частичных замещений и размывов пласта, представленных песчаником. Анализ данных, записей на лентах самописцев-манометров подтверждает эти предположения.

В результате выполненных исследований установлено:

1. Максимальные нагрузки на секции механизированной крепи, расположенные в зоне ПГД, проявляются на 10...13 м раньше, чем на секции, установленные в середине лавы.

2. По данным самописцев, расположенных в зоне ПГД, и по данным самописцев, расположенных в середине лавы, среднее максимальное значение изменения давления в поршневой полости гидростоек секций крепи повторяется через каждые 45...50 м.

3. Шаг обрушения пород основной кровли на участке влияния зоны ПГД составляет 13 м.

4. Среднее время протекания динамического процесса нагружения гидростоек секций механизированной крепи равно 60 мин.

5. Коэффициент вариации по полученным значениям составил 5 % (это подтверждает необходимую сходимость результатов исследований);

6. С учетом средней скорости подвигания лавы, которая на момент наблюдений составляла до 8,6 м/сут, периодичность максимума нагружения секций будет повторяться примерно через каждые 95...100 м.

7. В течение всего периода инструментальных наблюдений максимальная скорость сближения кровли и почвы на замерных участках, расположенных в зоне ПГД была достигнута на расстоянии 30...40 м от очистного забоя и составляла до 2 мм/сут.

8. На замерных участках, расположенных вне зоны ПГД, на расстоянии до 500 м от лавы, средняя скорость конвергенции пород снижалась до 1 мм/сут.

9. Среднее максимальное значение общих смещений, выявленное по пяти замерным пунктам, на участке ЗУ № 3 составило 58 мм.

10. Усреднённое значение скорости конвергенции пород за полугодовой период наблюдений составило 0,46 мм/сут.

Это объясняется тем, что данная замерная станция была заложена перед очистным забоем вне влияния опорного давления и на ней последовательно зарегистрированы следующие значения смещений: в зоне опорного давления, в зоне динамического опережающего опорного давления, в зоне динамического опорного давления за лавой, в зоне стабилизации смещений (статическая составляющая опорного давления).

Аналогичные исследования проводились в западной части уклонного поля 18-2 пласта «Толмочёвский» в лавах 18-27 и 18-29, результаты которых приведены на рис. 1, 2 соответственно.

Из графика (рис. 2) видно, что обрушение непосредственной кровли, характеризуемые более частыми амплитудами, составляет около 10 м, расстояние между высокими амплитудами характеризует обрушение основной кровли порядка 20 м.



**Рис. 1. График изменения давления в поршневой полости гидростойки секции крепи в очистном забое 18-27 в привязке к длине исследуемого участка**

Из графика (рис. 1), видно, что обрушение основной кровли составляет около 30 м.



**Рис. 2. График изменения давления в поршневой полости гидростойки секции крепи в очистном забое 18-29 в привязке к протяженности участка наблюдений**

Дополнительно к вышеприведённым инструментальным исследованиям с 2012 г проводились исследования сейсмической активности на горном отводе шахты «Полысаевская», которые выполнялись с помощью системы ГИТС.

В ходе исследований, было установлено, что 37 зарегистрированных сейсмических событий протекали с низкой энергетикой, не превышавшей 3000 Дж [3]. В результате анализа сейсмической ситуации выявлено, что частота сейсмической активности имеет циклический характер изменения динамической и энергетической мощности, достигая определенного максимума, а затем снижаясь до минимума. Диаграмма изменения динамической и энергетической мощности, построенная по результатам исследования сейсмических исследований, адекватна диаграмме, построенной на базе результатов исследований изменения опорного давления в действующем очистном забое [3-5].

Исследования сейсмической активности на горном отводе шахты Полысаевская показали, что её изменения во времени и пространстве связаны с процессами обрушения основной кровли, происходящими в действующих очистных забоях.

Для сравнения шага обрушения, полученного в ходе инструментальных исследований, производился расчет шага обрушения основной кровли в уклонном поле 18-2, по методам Г.Н. Кузнецова [6] и А.А. Борисова [7, 8].

Шаг обрушения основной кровли по методу Г.Н. Кузнецова [6] определялся по формуле

$$L = 0,3 \sqrt{\frac{2 \cdot R_{из} \cdot h}{\gamma}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $R_{из}$  – временное сопротивление породы на изгиб, МПа;  $h$  – высота отламывающегося слоя пород основной кровли, м;  $\gamma$  – объёмный вес пород, МН/м<sup>3</sup>.

Расчет шага обрушения основной кровли по методу А.А. Борисова [7, 8] определялся по формуле

$$L_1 = \sqrt{\frac{q_{зак}}{q_1} \left[ \frac{h_1^2 \cdot \sigma_{пч.из}}{6 \cdot q_{зак}} - \left( \Psi + \frac{1}{2\beta^2} \right) \right]}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $h_1$  – мощность слоя, м;  $\sigma_{пч.из}$  – предел прочности породы на изгиб, МПа;  $q_{зак}$  – величина закрепляющей нагрузки,  $q_{зак} \geq \gamma_{ср} H$ , МПа;  $q_1$  – нагрузка от слоя породы  $q_1 = \gamma h_1$ , МПа;  $\beta^2$  – коэффициент, учитывающий деформационные свойства кровли и пласта;  $\Psi$  – параметр, зависящий от угла внутреннего трения  $\varphi$ ,  $\Psi = \text{tg}\varphi$ , м<sup>3</sup>.

Обобщающая «оценка шагов» обрушения основной кровли в уклонном поле 18-2 пласта Толмачевский приведена в табл. 3.

**Таблица 3**

**Оценка шагов обрушения основной кровли в уклонном поле 18-2 пласта  
«Толмачевский»**

Объект исследования	Средняя глубина расположения участков исследования, м	Средняя мощность активного слоя, м	Расчетный шаг обрушения основной кровли, м			Шаг обрушения основной кровли по инструментальным измерениям, м
			по Г.Н. Кузнецову	по А.А. Борисову	по геологическому прогнозу	
18-27	436	13,38	15,3	14,53	35	20...22
18-29	422	13,23	15,2	14,01	35	
18-31	451	14,36	15,9	12,3	40	
18-6	366	17,75	17,7	13,1	15	15...17
18-8	411	15,17	16,3	12,0	22	
18-10	443	13,95	15,7	6,8	17	

Из табл. 3 видно, что ни одна рассмотренная методика расчёта шага обрушения основной кровли не позволяет учесть все факторы, влияющие на формирование консолей зависания.

Для установления места заложения демонтажной камеры в выемочном столбе при формировании ее очистным комбайном, выбора типа и расчёта параметров крепи выработок, подвергающихся воздействию опорного давления, определение величины опорного давления необходимо производить с учетом грузовых площадей зависания консолей основной кровли. Для определения критериев оптимального соотношения параметров опорного давления и прочности целика необходимо произвести дополнительные исследования, результаты которых позволят создать методику для определения оптимального местоположения демонтажной камеры.

### Список литературы

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам (РД 05-328-99) // Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: сборник документов. Сер. 05. Вып. 2. 3-е изд. М.: ФГУП «НТЦ ПБ Госгортехнадзора России, 2004. С. 4-119.

2. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. Л. ВНИМИ, 1984. 62с.

3. Горное давление. Его проявления при ведении горных работ в массиве горных пород / А. В. Ремезов [и др.] // Кемерово. 2013. 681 с.



4. Климов В.В., Ремезов А.В., Зайнулин Р.Р. Исследование влияния опорного давления очистного забоя 18-8 на конвейерный штрек 18-6 и его крепление на пласте «Толмачёвский» в границах шахтного поля шахты «Полысаевская» // Уголь. 2015. № 4. С. 38-41.

5. Климов В.В., Ремезов А.В. Исследование влияния опорного давления, формируемого очистным забоем на состояние прилегающих горных выработок в условиях отработки угольных пластов средней мощности на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» как в нисходящем, так и в восходящем порядке на примере отработки запасов угля в границах шахтного поля шахты «Полысаевская» // Вестник РАЕН ЗСО. 2013. №15. С. 30-38.

6. Механика горных пород и устойчивость выработок шахт Кузбасса / под ред. В.Г. Кожевина. Кемерово: Кемеровское книжное изд-во, 1973. 348 с.

7. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980. 360 с.

8. Борисов А.А. Расчёты горного давления в лавах пологих пластов. М: Недра, 1964. 280 с.

*Torro Виктор Оскарович, ст. преподаватель, [torrovo@mail.ru](mailto:torrovo@mail.ru), Россия, Кемеровская область, Междуреченск, Филиал Кузбасского государственного технического университета,*

*Ремезов Анатолий Владимирович, д-р техн. наук., проф., [lion742@mail.ru](mailto:lion742@mail.ru), Россия, Кемеровская область, Междуреченск, Филиал Кузбасского государственного технического университета,*

*Кузнецов Евгений Владимирович, канд. техн. наук, зам. директора, [kevlad@mail.ru](mailto:kevlad@mail.ru), Россия, Кемеровская область, Междуреченск, Филиал Кузбасского государственного технического университета,*

*Климов Виктор Викторович, нач. техн. управления, [KlimovVV@suek.ru](mailto:KlimovVV@suek.ru), Россия, Кемеровская область, Ленинск-Кузнецкий, ОАО «СУЭК – Кузбасс»*

**ASSESSMENT OF MAIN ROOF CAVING INCREMENTS IN WORKING FACE  
PROCESSING OF TOLMACHEVSKY COAL LAYER WITHIN THE DIP-WORKING  
PANEL 18-2**

*V.O. Torro, A.V. Remezov, E.V. Kuznetsov, V.V. Klimov*

*This work reviews the study aimed to assess the actual increments of the main roof caving which appear in the course of working face processing of 'Tolmachevsky' coal layer in 'Polysayevskaya' coal mine as the main parameter defining the degree of abutment pressure influence on mine tunnels adjacent to working face.*

*Key words: working face, main roof, roof caving increment/caving step, abutment pressure, pressure recorder, abutment pressure zone, dynamic process, seismic activity, break-down chamber site.*

*Torro Victor Oskarovich, senior teacher, [torrovo@mail.ru](mailto:torrovo@mail.ru), Russia, Kemerovo region, Mezhdurechensk, Branch of Kuzbass State Technical University,*

*Remezov Anatoly Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, [lion742@mail.ru](mailto:lion742@mail.ru), Russia, Kemerovo region, Mezhdurechensk, Branch of Kuzbass State Technical University,*

*Kuznetsov Evgeniy Vladimirovich, candidate of technical sciences, vice director, [kevlad@mail.ru](mailto:kevlad@mail.ru), Russia, Kemerovo region, Mezhdurechensk, Branch of Kuzbass State Technical University,*

*Klimov Victor Victorovich, head of technical management, [KlimovVV@suek.ru](mailto:KlimovVV@suek.ru), Russia, Kemerovo region, Leninsk-Kuznetsky, JSC «SUEK - Kuzbass»*

#### Reference

1. Instructions for safe conduct of mining operations at mines developing coal seams prone to rock impacts (RD 05-328-99) // Prevention of gas-dynamic phenomena in coal mines: Collection of documents. Series 05. Vol. 2. - 3rd ed. Moscow: FSUE "STC PB Gosgortekhnadzor of Russia, 2004. P. 4-119.
2. Instructions for the management of rock pressure in the treatment faces under (above) the pillars and edge parts in the development of coal formation formation with a capacity of up to 3.5 m with a drop angle of up to 35°. L: VNIMI, 1984. 62s.
3. Rock pressure. Its manifestations in the conduct of mining operations in the massif of rocks / A.V. Remezov [et al.] // Kemerovo. 2013. 681 PP.
4. Klimov V. V., Remezov, A. V., Zainulin, R. R. study of the effect of support pressure stope 18-8 on the conveyor drift 18-6 and its fitting on the reservoir Tolmachevskiy in borders of a mine field mine "Polysaevskaya" // Coal. 2015. No. 4. P. 38-41.
5. Klimov V. V., Remezov A.V. Study of the influence of the reference pressure formed by the treatment face on the state of adjacent mine workings in the conditions of mining coal seams of average capacity at the mines of JSC "SUEK-Kuzbass" both in descending and ascending order on the example of mining coal reserves within the boundaries of the mine field of the mine "Polysaevskaya" // Vestnik RAEN ZSO. 2013. No. 15. P. 30-38.
6. Mechanics of rocks and stability of mine workings of Kuzbass / ed. Kemerovo: Kemerovo book publishing house, 1973. 348 PP.
7. Borisov A. A. Mechanics of rocks and massifs. Moscow: Nedra, 1980. 360 PP.
8. Borisov A. A. Calculations of mountain pressure in lavas of flat layers. M: Nedra, 1964. 280 PP.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**16+**

**ISSN 2218-5194**

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**Выпуск 4**

**Тула  
Издательство ТулГУ  
2019**

Председатель

*Грязев М.В.*, д-р техн. наук, ректор.

Первый заместитель председателя

*Воротилин М.С.*, д-р техн. наук, проректор по научной работе.

Заместитель председателя

*Прейс В.В.*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ.

Ответственный секретарь

*Фомичева О.А.*, канд. техн. наук, начальник Управления научно-исследовательских работ, авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.

**Члены редакционного совета:**

*Батанина И.А.*, д-р полит. наук, –  
гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;

*Берестнев М.А.*, канд. юрид. наук, –  
гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;

*Борискин О.И.*, д-р техн. наук, –  
гл. редактор серии «Технические науки»;

*Егоров В.Н.*, канд. пед. наук, – гл. редактор серии  
«Физическая культура. Спорт»;

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Главный редактор

*Качурин Н.М.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Заместитель главного редактора

*Сарычев В.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

**Члены редакционной коллегии:**

*Гендлер С.Г.*, д-р техн. наук (Санкт-Петербургский  
горный университет, г. Санкт-Петербург);

*Голик В.И.*, д-р техн. наук (Геофизический институт  
Владикавказского научного центра, г. Владикавказ);

*Ефимов В.И.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Жабин А.Б.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

*Захаров В.Н.*, член-корр. РАН, д-р техн. наук,  
(Институт проблем комплексного освоения недр  
им. академика Н.В. Мельникова Российской  
академии наук, г. Москва);

*Кавала Р.*, д-р техн. наук (Фрайбергская горная  
академия, Институт материаловедения и  
изготовления материалов, Германия, г. Фрайберг);

*Казанин О.И.*, д-р техн. наук (Санкт-Петербургский  
горный университет, г. Санкт-Петербург);

*Кантович Л.И.*, д-р техн. наук (Национальный  
исследовательский технологический университет  
(МИСиС), г. Москва);

*Каплунов Д.Р.*, член-корр. РАН, д-р техн. наук,  
(Институт проблем комплексного освоения недр  
им. академика Н.В. Мельникова Российской  
академии наук, г. Москва);

*Карначев И.П.*, д-р техн. наук (филиал Мурманского  
арктического университета в г. Апатиты,  
Мурманская область, г. Кировск);

*Заславская О.В.*, д-р пед. наук, –  
гл. редактор серии «Педагогика»;

*Качурин Н.М.*, д-р техн. наук, –  
гл. редактор серии «Науки о Земле»;

*Понаморева О.Н.*, д-р хим. наук, –  
гл. редактор серии «Естественные науки».

Ответственный секретарь

*Стась Г.В.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ

*Копылов А.Б.*, д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

*Клишин В.И.*, член-корр. РАН, д-р техн. наук,  
(Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово);

*Комащенко В.И.*, д-р техн. наук (Российский  
государственный университет нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, г. Москва);

*Коришунов Г.И.*, д-р техн. наук (Санкт-Петербургский  
горный университет, г. Санкт-Петербург);

*Мельник В.В.*, д-р техн. наук (Национальный  
исследовательский технологический университет  
(МИСиС), г. Москва);

*Мерзляков В.Г.*, д-р техн. наук (Московский  
политехнический университет, г. Москва);

*Моркун В.С.*, д-р техн. наук (Криворожский  
национальный университет, Украина, г. Кривой Рог);

*Протосеня А.Г.*, д-р техн. наук (Санкт-  
Петербургский горный университет, г. Санкт-  
Петербург);

*Рыльникова М.В.*, д-р техн. наук (Институт проблем  
комплексного освоения недр им. академика  
Н.В. Мельникова Российской академии наук,  
г. Москва).

Сборник зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). ПИ № ФС77-75993 от 19 июня 2019 г.

Подписной индекс сборника 41408 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим специальностям: 25.00.00 – Науки о Земле; 05.06.00 – Безопасность деятельности человека.

Сборник зарегистрирован в системе "Web of Science".

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЯ

<i>Третьякова М.О., Агошков А.И.</i> Проблема обращения с буровыми шламами при использовании углеводородных буровых растворов.....	6
<i>Валуев Н.П., Исаева И.Ю., Машинцов Е.А., Юданов П.М.</i> Модель композитного сорбента повышенной нефтеёмкости на основе полимерных отходов для ликвидации разливов нефтепродуктов.....	24
<i>Гладков Е. А., Гладкова О. В.</i> Экобиогeотехнологические подходы для повышения коэффициента биологического поглощения растений в фиторемедиации.....	32
<i>Корчагина Т.В., Стась Г.В., Прохоров Д.О., Коряков А.Е.</i> Состояние окружающей среды в регионах размещения горного производства.....	40

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Гендлер С.Г., Фалова Е.С., Воронкова Ю.А.</i> Особенности оценки риска профзаболеваний и производственного травматизма в горнодобывающих отраслях Северных регионов России.....	54
<i>Гендлер С.Г., Фалова Е.С., Воронкова Ю.А.</i> Анализ состояния производственного травматизма в Кировском филиале АО «Апатит».....	63
<i>Тайлаков О.В.</i> Моделирование процессов воздухораспределения в действующих выработках угольных шахт на основе сетей Петри.....	72
<i>Хадарцев А.А., Панарин В.П., Кашинцева Л.В., Седова О.А.</i> Оценка воздействия горного предприятия на прилегающую территорию по фактору инертной пыли.....	80

### ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Валиев Х.Х., Бугубаева А.У., Амандыкова А.Б., Булаев А.Г.</i> Выщелачивание урана и молибдена из руды месторождения «Восток».....	92
<i>Голик В.И., Атрушкевич В.А., Дулин А.Н.</i> К концепции реструктуризации угольного производства Донбасса.....	99
<i>Каплунов Д.Р., Качурин Н.М., Фридендер Г. В., Ганин М.П.</i> Комплексное освоение угольных и техногенных месторождений Подмосковского угольного бассейна.....	113

<i>Ермакова И. А., Федусов В. А.</i> Состояние демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс».....	123
<i>Лукиенко Л.В., Каменский М.Н.</i> Повышение эффективности работы шахтных электровозов в наклонных выработках.....	130
<i>Поляков А.В., Жабин А.Б., Чеботарев П.Н., Хачатурян В.Г.</i> Выбор и расчет рабочего органа тоннельной щитовой машины с активным пригрузом забоя.....	139
<i>Поляков А.В., Жабин А.Б., Чеботарев П.Н., Хачатурян В.Г.</i> Особенности проектирования щитовых машин с грунтопригрузом.....	150
<i>Торро В.О., Ремезов А.В., Кузнецов Е.В., Климов В.В.</i> Определение шага обрушения основной кровли при работе очистных забоев по пласту «Толмачёвский» в границах уклонного поля 18-2.....	157
<i>Чебан А.Ю., Хрунина Н.П.</i> Автоматизация процессов разработки сложноструктурных месторождений с применением машин послыйного фрезерования.....	167
<i>Шаклеин С.В., Писаренко М.В.</i> Состояние сырьевой базы угольной промышленности Кузбасса.....	177

## ГЕОМЕХАНИКА

<i>Антонов В. А.</i> Функционально-факторная модель горизонтального перемещения локальных блоков земной поверхности.....	187
<i>Воронина И.Ю., Саммаль А.С., Шелепов Н.В.</i> Расчет многослойных обделок комплексов параллельных подводных тоннелей с учетом последовательности сооружения.....	195
<i>Далатказин Т.Ш., Коновалова Ю. П., Ручкин В.И., Зуев П.И.</i> Исследования по модернизации использования эманационной съемки в качестве экспресс-метода при геодинамической диагностике.....	206
<i>Должиков П.Н., Акопян А.Ф., Акопян В.Ф.</i> Исследования деформационно-прочностных свойств грунтов, армированных буро-инъекционными сваями.....	221
<i>Ермеков Р.И., Меркулов В.П., Чернова О.С., Коровин М.О.</i> Детализация трассерных исследований особенностей перетока флюидов в анизотропном песчаном коллекторе.....	229
<i>Каплунов Д.Р., Качурин А.Н., Афанасьев О.А., Стась В.П.</i> Газовыделение с поверхности обнажения горных пород при проведении подготовительной выработки.....	239

<i>Качурин А.Н., Демин В.К., Шкуратский Д.Н., Карначев П.И.</i> Математические модели дегазации подкровельных пачек угля, выпускаемых в очистные забои.....	249
<i>Лебедев М.О.</i> Напряженно-деформированное состояние крепей и обделок транспортного тоннеля в известняках.....	258
<i>Левин Л.Ю., Богомягков А.В., Паршаков О.С., Семин М.А.</i> Применение программного комплекса «FROZEN WALL» для расчета искусственного замораживания пород.....	269
<i>Мальцев С.В., Казаков Б.П., Семин М.А.</i> Разработка способов повышения эффективности проветривания рудников со сложными системами вентиляции.....	283
<i>Паньков И. Л.</i> Теоретическая оценка естественного напряженного состояния массивов горных пород в условиях тектонического воздействия.....	292
<i>Христинич Д.В., Астапов Ю.В., Артюх Е.В., Соколова М.Ю.</i> Нелинейная модель деформирования сжимаемых грунтов.....	305
<i>Христинич Д.В., Астапов Ю.В., Артюх Е.В., Соколова М.Ю.</i> Численное моделирование напряжений в массиве глинистого грунта под фундаментом.....	312
<i>Стась Г.В., Левашов С.П., Ландри А.Г.</i> Физико-химические основы выделения радона при строительстве подземных сооружений и добыче полезных ископаемых.....	319
<i>Пестрикова В.С.</i> Алгоритм расчета долговечности жестких армировок шахтных стволов, эксплуатируемых в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей....	332
<b>ЭКОНОМИКА</b>	
<i>Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Богаткина Ю.Г., Сарданаишвили О.Н.</i> Оценка технико-экономической эффективности инвестиционных проектов разработки нефтегазовых месторождений на основе применения методов нечеткой логики.....	340
<i>Сабина А.Л., Соколовский В.В., Шульженко Н.А.</i> Направления совершенствования транспортной структуры в поселениях бывшего Подмосковского угольного бассейна.....	352
<i>Берестнев М.А., Грибунов О.П., Забавко Р.А., Светличный А.А.</i> Проблемы реализации механизма сохранения и защиты плодородного слоя почв: правовые и экономические аспекты.....	364

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ  
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**Выпуск 3**

Редактор Н.М. Качурин

*Компьютерная верстка Г.В. Стась*

Учредитель:

ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"  
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97

Подписано в печать 16.12.19 Дата выхода в свет 30.12.19

Фотмат бумаги 70×100 1/8. Бумага офсетная

Усл. печ. л. 50,1.

Тираж 500 экз. Заказ 195

Цена свободная

Адрес редакции:

300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Адрес издателя:

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95

Отпечатано в Издательстве ТулГУ

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95