

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПРОВАЛООПАСНОСТИ ПОДРАБОТАННЫХ УЧАСТКОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*В.А. Дрибан, Б.В. Хохлов, Д.М. Хламов, А.В. Антипенко,
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела» (РАНИМИ), г. Донецк, ДНР, Россия*

Аннотация: Проведена оценка действующих методик по прогнозу развития деформаций земной поверхности и провалообразования. Представлена нейронная сеть для прогноза образования провалов на земной поверхности над старыми горными выработками с точностью до 94,6 %. Для условий шахты им. В. М. Бажанова построены номограммы, позволяющие установить время появления провала на дневной поверхности. Результаты исследований будут использованы при проведении геодинамического мониторинга подработанных территорий Донбасса и при оценке стоимости земельных участков.

Ключевые слова: горная выработка, земная поверхность, провалообразование, методика прогноза, нейронная сеть.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO PREDICT THE DANGEROUSNESS OF UNDERMINED AREAS OF THE EARTH'S SURFACE

*V.A. Driban, B.V. Khokhlov, D.M. Khlamov, A.V. Antypenko,
«Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying»
(RANIMI), Donetsk, DPR, Russia*

Abstract: The evaluation of existing methods for predicting the development of land surface deformations and dip formation was carried out. A neural network for predicting the formation of failures on the earth's surface over old mine workings with an accuracy of up to 94.6% is pre-sented. For the conditions of the mine named after V. M. Bazhanov are constructed nomograms, allowing to establish the time of occurrence of the failure on the day surface. The results of the research will be use in conducting geodynamic monitoring of undermined areas of Donbass and in assessing the cost of land plots.

Keywords: workings, earth surface, failure, prediction technique, neural network.

Добыча угля в Донецком бассейне ведется уже более 200 лет. Практически вся поверхность региона оказалась подработанной на малых глубинах (20-100 м). В Донецком регионе имеется более 10 тыс. горных выработок, имеющих выход на земную поверхность. Только на территории города Донецка их около тысячи [1] и ликвидировались они в разные годы зачастую без соблюдения существующих норм и правил.

Массовое затопление шахт Донецкого региона, обусловленное закрытием нерентабельных угледобывающих предприятий, вызвало кардинальное изменение гидрогеологической обстановки. Это повлекло за собой активизацию процессов сдвижения горного массива с последующей самоликвидацией подземных пустот от старых горных выработок, что в свою очередь, привело к высоким рискам образования провалов на земной поверхности [2, 3]. Как следствие — нарушение эксплуатационных способностей объектов на поверхности вплоть их полного разрушения.

Для обеспечения безопасной жизнедеятельности техногенно нагруженных, подработанных территорий требуется

надежный прогноз развития возможных опасных деформаций дневной поверхности и провалообразования. От правильной оценки вероятности, и определения времени возможного возникновения провала зависит своевременность принятия мер по минимизации вреда наносимому подземным коммуникациям и объектам расположенным земной поверхности [4, 5, 6].

Материалы и методы

Оценка степени провалоопасности до настоящего времени осуществляется по нормативной методике [7]. Однако полученные по этой методике расчетные параметры провалоопасных зон на территориях горных отводов шахт в изменившихся условиях не являются достаточно достоверными. Это обусловлено несколькими причинами. На сегодняшний день не существует единого нормативного документа устанавливающего правила построения границ провалоопасных зон на дневной поверхности. Разработанная в РАНИМИ методика [7] опирается на несколько нормативных документов, в которых уделялось внимание вопросам провалообразования над горными выработками. Применяемые в них рас-

четные формулы встречаются еще в нормативных документах 1970-х годов, и выводились они без учета возможности подтопления потенциально провалоопасных территорий и возраста горных выработок. Нормативная методика предполагает, что дневная поверхность представляет собой плоскость. Такое допущение может приводить к существенным ошибкам при определении глубины расположения выработок, так как мезорельеф представляет собой поверхность топографического порядка со значительной разницей высотных отметок в пределах исследуемых участков.

С учетом исследований [1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17] и нормативных документов [13, 14, 18, 19] в РАНИМИ была разработана и натренирована нейронная сеть [17] для прогноза образования провалов на земной поверхности над старыми горными выработками точностью около 95 %. Были построены три группы номограмм: для слабо-, средне-, и высоко-метаморфизованных горных массивов. Номограммы позволяют провести предварительную оценку сроков появления провалов на дневной поверхности в зависимости от глубины расположения выработок, при действующих шести группах влияющих факторов: благоприятные условия поддержания выработки; выработка находится в зоне тектонической нарушенности; выработка находится в зоне влияния горных работ; негативные гидрогеологические условия; выработка находится в зоне пьезунов; комплекс негативных факторов [1].

Методика апробирована для условий шахты им. В.М. Бажанова. Шахта расположена в северо-восточной части города Макеевки, Донецкой Народной Республики. Часть территории горного отвода шахты им. В.М. Бажанова отнесена к потенциально провалоопасным, и имеет весьма сложное строение. В приповерхностной зоне отрабатывались два сближенных пласта n_1^B и n_1^H , с мощностью междупластья 6-10 м. Выходы под наносы обоих пластов расположены на западном склоне балки «Сухая Калиновая». Направление падения пород — с запада на восток. Несмотря на то, что вдоль дна балки по обоим пластам расположены целики, они неоднократно были прорезаны наиболее опасными с точки зрения провалообразования протяженными горными выработками различного назначения (рис. 1, см. цветную вклейку стр. 45).

Возраст горных выработок находится в достаточно большом диапазоне от 55 до 100 лет и более. Угол падения увеличивается с глубиной от 3° до 5°. В кровле верхнего пласта залегает песчаник мощностью 20-30 м. О мощности наносов имеются лишь фрагментарные данные, однако следует отметить, что при прогнозе опасности провалообразования необходимо учитывать только глубину по карбону, т.е. коренным породам. Так как прочностные характеристики наносов на порядок ниже, чем у коренных пород, то купол обрушения, развивающийся до поверхности карбона, неизбежно выйдет на дневную поверхность в виде провала. Все эти факторы делают прогноз провалообразования на основе нормативной методики чрезвычайно сложным и недостаточно надежным. В связи с этим было принято решение применить метод прогноза на основе расчетов нейронной сети.

Перед началом исследований были выполнены следующие подготовительные работы:

- ✦ проведен анализ планов горных работ по отработанным и действующим горизонтам и пластам, а также

горно-геологических и горнотехнических условий отработки угольных пластов на горном отводе шахты;

- ✦ на горном отводе определены все выработки, имеющие выход на земную поверхность и участки близкого к поверхности расположения горных выработок;
- ✦ проведено обследование выработок, имеющих выход на земную поверхность и участков близкого к поверхности расположения горных выработок с оценкой их состояния;
- ✦ выполнено координатное позиционирование каждого объекта на спутниковой карте с визуализацией в геоинформационной системе «Google Earth Pro» [20], (рис. 2, см. цветную вклейку стр. 45). Полученные материалы позволили создать координатную базу позиционирования всех известных устьев горных выработок, выходящих на поверхность в пределах горного отвода шахты, и дают возможность проанализировать окружающий ее рельеф местности.

Оценка провалоопасности конкретных участков поверхности проводилась в три этапа.

На первом этапе производились предварительные построения. В графическом редакторе к цифровой растровой копии плана поверхности привязывались аналогичные копии планов горных выработок обоих пластов. За основу был взята поверхность верхнего пласта n_1^B как более опасного. На план поверхности переносилась линия выхода пласта n_1^B под наносы. Далее эта линия клонировалась в сторону падения с интервалами по глубине в 20 м, учитывающими изменение угла падения. Таким образом, на плане дневной поверхности был получен график изолиний, приблизительно соответствующий поверхности пласта.

Далее были намечены четыре линии, вдоль которых построены вертикальные разрезы. Линии дневной поверхности и пластов на разрезах строились по соответствующим планам, а линия поверхности карбона строилась по имеющимся данным о мощности наносов. Для удобства построений горизонтальный масштаб разрезов был выбран соответствующим масштабу плана поверхности (1:5000), а вертикальный масштаб равен 1:1000.

На заключительном шаге предварительных построений предполагаемая линия поверхности карбона клонировалась вертикально вниз с интервалом, соответствующим 20 м, до глубины 160 м. Точки пересечения данных линий с линией пласта n_1^B переносились на план поверхности, где соединялись линиями. Полученные в результате график соответствует поверхности пласта в изоглубинах по карбону.

На втором этапе, на плане изоглубин по карбону пласта n_1^B была выделена 41 зона с учетом реальных контуров горных выработок по обоим пластам, возраста и типа выработок, по интервалам глубин 20 м (рис. 3, см. цветную вклейку стр. 46). На этом этапе панельные уклоны и бремсберги, охраняемые целиками по обоим пластам, сразу выделялись в отдельные зоны.

Следующим шагом, на совмещенный план поверхности и горных выработок была вынесена линия возможного уровня затопления, соответствующая для рассматриваемого участка поля шахты им. Бажанова отметке +206,1 м. По этой линии зона № 1 была разделена на четыре, а зона № 3 на две новых зоны. Для каждой зоны были определены диапазон глубин по карбону (методом интерполяции), средний воз-

раст выработок, а также время образования провалов по трем номограммам для горного массива средней степени метаморфизма (рис. 4). Результаты представлены в табл. 1.

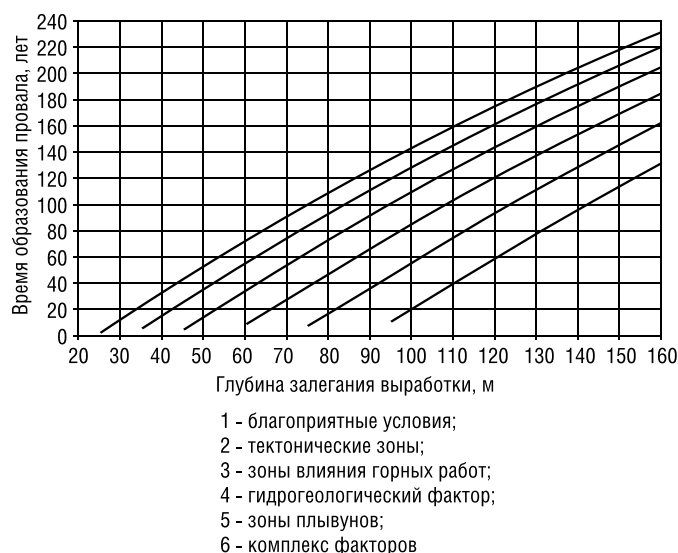


Рис. 4. Номограммы для установления времени развития провала в зависимости от глубины при средней степени метаморфизма [17] /

Fig. 4. Nomograms for determining the time of development of the dip dependence on the depth at an average degree of metamorphism [17].

По результатам анализа данных табл. 1 ячейки выделены по следующим правилам:

- ✦ прочерк (отсутствие данных) в ячейках пятой колонки означает, что в данной зоне отрабатывался только пласт n_1^B без подработки по нижнему пласту, соответственно фактов влияния горных работ можно исключить;
- ✦ светло-серым цветом обозначены ячейки, в которых время образования провалов меньше, чем средний возраст выработок (третья колонка). Это означает, что в данных зонах процесс провалообразования уже должен был завершиться и для объектов на поверхности угроза отсутствует;
- ✦ более темно-серым цветом обозначены ячейки, в которых время образования провалов существенно больше среднего возраста выработок (третья колонка). Соответственно, в ближайшем будущем образование провалов в этих зонах маловероятно;
- ✦ еще более темно-серым цветом обозначены ячейки четвертой и пятой колонок, если возраст выработок зоны укладывался в диапазон времени образования провалов. Ячейки шестой колонки, обозначены таким же цветом, если при появлении гидрогеологического фактора время провалообразования становилось равным, либо меньше возраста выработок. Известно, что при насыщении водой прочность горных пород существенно снижается, а это, в свою очередь, ускоряет процесс провалообразования;
- ✦ самый темный серый цвет ячеек шестой колонки означает ситуацию некоторой неопределенности. Например, зона № 7 по фактору благоприятных условий станет опасной через 5 лет. В то же время по фактору влияния горных работ процесс провалообразования в ней должен был уже закончиться. Так как данная

Таблица 1 / Table 1

Результаты определения провалоопасности выделенных участков земной поверхности, по номограммам / The results of determining the failure hazard of selected areas of the earth's surface according to nomograms.

№ зоны / № of zone	Интервал глубин по карбону, м/ Carboniferous depth interval, m	Средний возраст выработок, лет / Average age of workings, years	Время формирования провалов, лет / Dips formation time, years		
			Благопри- ятные ус- ловия (гра- фик 1)/ Favorable conditions (chart 1)	В зоне влияния горных работ (график 3)/ In the zones of influence of mining operations (chart 3)	Гидрогео- логичес- кий фак- тор (гра- фик 4)/ Hydrogeo- logical fac- tor (chart 4)
1.1	0-8	100	0	0	0
1.2	0-5	100	0	0	0
1.3	8-15	100	0	0	0
1.4	8-20	100	0	0	0
2	10-20	80	0	0	0
3.1	5-8	90	0	0	0
3.2	8-20	90	0	0	0
4	20-40	75	0-35	0	0
5	20-40	100	0-35	0	0
6	20-40	85	0-35	0	0
7	54-60	55	60-75	25-35	0-10
8	40-60	70	35-75	0-35	0-10
9	40-60	100	35-75	0-35	0-10
10	40-60	75	35-75	0-35	0-10
11	46-60	75	45-75	–	0-10
12	60-80	55	75-110	35-75	10-45
13	60-80	65	75-110	35-75	10-45
14	60-80	100	75-110	35-75	10-45
15	60-80	70	75-110	35-75	10-45
16	60-80	70	75-110	–	10-45
17	80-100	55	110-145	75-110	45-85
18	80-100	60	110-145	75-110	45-85
19	80-100	100	110-145	75-110	45-85
20	80-100	60	110-145	75-110	45-85
21	80-100	65	110-145	–	45-85
22	80-100	55	110-145	–	45-85
23	100-120	55	145-175	110-145	85-120
24	100-120	60	145-175	110-145	85-120
25	100-120	60	145-175	110-145	85-120
26	100-120	60	145-175	110-145	85-120
27	100-120	60	145-175	–	85-120
28	100-120	55	145-175	–	85-120
29	100-120	55	145-175	–	85-120
30	120-140	55	175-205	145-165	120-155
31	120-140	60	175-205	145-165	120-155
32	120-140	60	175-205	145-165	120-155
33	120-140	60	175-205	145-165	120-155
34	120-140	60	175-205	–	120-155
35	120-140	55	175-205	–	120-155
36	140-160	55	205-235	165-205	155-185
37	140-160	60	205-235	165-205	155-185
38	140-160	60	205-235	165-205	155-185
39	140-160	60	205-235	165-205	155-185
40	140-160	60	205-235	–	155-185
41	140-160	55	205-235	–	155-185

оценка носит вероятностный характер, нельзя исключать возможность обоих вариантов и при затоплении выработок вероятность образования провалов в зоне резко возрастет.

Предварительный анализ ситуации показал, что:

✧ зоны № 1-6 и 9 уже не опасны, так как процессы провалообразования в них уже должны были закончиться;

✧ зоны № 23-41 еще не опасны, а с учетом того, что выработки этих зон находятся на глубинах 100 м и более вероятность провалообразования в них не велика;

✧ зоны № 7-22 (за исключением № 9) требуют более подробного изучения на третьем этапе анализа.

На третьем этапе выполнялся детальный анализ времени образования провалов методом прямого расчета по нейронному алгоритму (рис. 5, см. цветную вклейку стр. 26).

Первым шагом анализа стал поиск, в пределах указанных зон объектов, представляющих наибольшую опасность с точки зрения возможности образования провалов на земной поверхности. К таковым были отнесены охраняемые целиками выработки на обоих пластах, при отсутствии их непосредственной подработки или надработки горными работами соседнего пласта. Очистные работы, с учетом незначительной мощности междупластья (6-10 м), существенно нарушают исходное состояние массива и исключают возможность развития над протяженными выработками узких куполов обрушения, которые и приводят к образованию провалов.

Наличие объектов, являющихся источниками возможного образования провалов, установлено в трех зонах № 14, 19 и 20. Зоны № 14 и 19 были построены над центральным уклоном пласта n_1^H . В зоне № 20 объекты-источники, локализованы в пределах двух небольших участков, поэтому были выделены две зоны с номерами 20.1 и 20.2 (см. рис. 5, см. цветную вклейку стр. 46).

Следующим шагом анализа, было уточнение исходных параметров объектов, а именно глубины расположения и возраста выработок. Так же, для прямого расчета по нейронному алгоритму требуются следующие данные: степень метаморфизма (в данном случае Г); угол падения пород (изменяется от 3° до 5°); угол наклона выработки; фактор влияния горных работ и горно-геологических условий (в отобранных зонах отсутствует). Далее, для установленных условий был произведен расчет времени образования

провалов с точностью до одного года. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Ячейки табл. 2 выделены так же, как и ячейки табл. 1.

Результаты

По результатам анализа полученных расчетных параметров установлено, что зоны № 20.1 и № 20.2 даже в случае затопления не должны представлять особой опасности еще в течение 20-30 лет. Возраст выработок зон № 20.1 и 20.2, позволяет предположить, что они были закреплены металлической рамной крепью и полноценно погашены, и с учетом их фактической глубины расположения и наличия мощного песчаника в кровле пласта n_{1v} - эти зоны можно считать достаточно безопасными.

Наиболее велика вероятность образования провалов на сегодняшний день в зоне № 14. В зоне № 19 (рис. 6, см. цветную вклейку стр. 26) вероятность образования провалов незначительна, но в случае затопления выработок она существенно возрастет.

Обе эти зоны построены над участками центрального уклона пласта n_{1n} . Большая часть нормативной зоны № 8 (построенной по нормативной методике) относится к этому же уклону, но она не пересекается с нейронными зонами № 14 и 19, а заканчивается выше по падению. Таким образом, нормативная зона № 8 занимает те участки (нейрозоны № 1.4, 5 и частично 9 в табл. 1), которые по нейрорасчетам относятся к уже безопасным с точки зрения возможного провалообразования.

Нормативные зоны № 21 и 22 (оранжевые контуры на рис. 6) занимают значительную площадь и на большей ее части накладываются друг на друга, что по нормативной методике означает повышенную опасность провалообразования. В то время как предварительный анализ по номограммам см. рис. 4 показал, что большая часть этой территории уже безопасна, поскольку процессы провалообразования на них уже завершились.

Заключение

1. Разработанная нейронная сеть позволяет прогнозировать время образования провалов на земной поверхности с средней погрешностью около 15 %. Такая погрешность является полностью приемлемой и может объясняться природными случайными погрешностями определения исходных данных.

Таблица 2 / Table 2

Результаты прямого расчета провалоопасности с учетом затопления выработок / Results of a direct calculation of the risk of failure taking into account the flooding of workings.

№ зоны / № of zone	Опасный объект / Dangerous object	Возраст объекта, лет / Object age, years	Глубина по карбону, м / Depth in car- bon, m	Угол падения пород, град / Rock dip angle, degree	Угол наклона выработки, град / Mine inclination angle, degrees	Время провала по расчету, лет / Calculated failure time, years	
						Благоприятные условия / Favorable condi- tions	Гидрогеологичес- кий фактор / Hydrogeological factor
14	Центральный уклон пл. n_1^H	100	70-90	4	4	75-107	11-45
19	Центральный уклон пл. n_1^H	100	90-110	5	5	107-137	45-77
20.1	Участок 4-го транспортного штрека пл. n_1^H в целике под вент. ств. №5	65	110	5	0	151	94
20.2	Центральные вспомогательный и транспортный бремсберги и ходок центрального бремсберга пл. n_1^H	60	110	5	5	137	77

2. По результатам проведенного дополнительного анализа, вероятность провалообразования на территории горного отвода шахты им. В. М. Бажанова существует только в нейророзоне № 14 и в нейророзоне № 19 при условии затопления горных выработок. В границах этих нейророзон на поверхности расположены несколько частных домовладений. В то же время, значительные территории в границах нормативных зон с расположенными на них промышленными и хозяйственными объектами, многоэтажными домами и пр. признаны вполне безопасными, так как процессы провалообразования в них или уже завершились, или возможность образования провалов в них отсутствует.

Выводы

1. В статье приведены результаты исследований провалоопасности подработанных участков земной поверхности с применением методов искусственного интеллекта.

2. Установлено что, существующая на сегодняшний день нормативная методика построения зон, опасных по провалам имеет ряд недостатков, в частности, не учитывается временной фактор образования провалов.

3. Результаты исследований будут использованы при проведении геодинамического мониторинга подработанных территорий Донбасса и при оценке стоимости земельных участков. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Driban V. Vorhersage des erdoberfl?cheabsturzes oberhalb der alten kohlenrubenr?umen / V. Driban, V. Nazimko, A. Feofanov, I. Khalymendyk // Altbergbau - Kolloquium. - Freiberg. - 04. bis 06. November 2010. - P. 391-400.
2. Ю.О. Техногенные пустоты недр как фактор негативного воздействия на окружающую среду при разработке месторождений твердых полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2021. - № 2. - С. 33-44.
3. Славиковская Ю.О. Техногенные пустоты недр как источник негативного воздействия на окружающую среду предприятий горнопромышленного комплекса // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов. - труды VIII Международной конференции. Екатеринбург, 07 апреля 2020 г. - Издательство: Уральский государственный горный университет (Екатеринбург). - С. 275-279.
4. Хамидуллина Н.В. Методика проектирования технологических параметров ликвидации провалов земной поверхности / Н. В. Хамидуллина // Инженерный вестник Дона. - 2018. - № 4.
5. Кирков А.Е. Превентивное обнаружение и локализация провалов подработанной земной поверхности - основа решения региональных проблем моногородов в горнопромышленных регионах / А.Е. Кирков, В.В. Федосеев, О.М. Кужим // Золото. Полиметаллы. XXI век: Устойчивое развитие: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Челябинск, 02-03 марта 2022 года. - Челябинск: Институт проблем комплексного освоения недр РАН, 2022. - С. 49-51.
6. Полозов Ю.А. Ликвидация последствий техногенной катастрофы в районе провала земной поверхности на калийном руднике / Ю. А. Полозов, Е.Е. Бизянов, А.Ю. Лазебник // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического института. - 2021. - № 23(66). - С. 5-12.
7. Хохлов Б.В. Методика построения и обследования зон, опасных по провалам / Б.В. Хохлов, В.А. Дрибан, С.В. Голдин, А.М. Терлецкий, М.Д. Рожко // Труды РАНМИ: сб. науч. тр. - Донецк, 2019. - № 7 (22). - С. 142-157.
8. Гавриленко Ю.Н. Основные принципы моделирования сдвижений и деформаций земной поверхности методом конечных элементов / Ю.Н. Гавриленко, А.Г. Петрушин // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. Випуск 62. - Донецьк, - 2003, С. 100 - 114.
9. Спицын А.А. Развитие научнометодической базы выявления ослабленных зон на земной поверхности рудных месторождений / А.А. Спицын, Н.Б. Имансакипова, А.В. Чернов, Б.И. Кидирбаев // Горный журнал. - 2019. - № 9. - С. 63-66.
10. Mhlongo S., Dacosta F., Kadyamatimba A. Development and use of hazard ranking system for abandoned mine entries. A case study of the mine shafts in Giyani and Musina areas of South Africa // Cogent Engineering. 2018. Vol. 5. № 1. P. 200-232.
11. Постоев Г.П. Модели механизма формирования и расчета параметров провалов земной поверхности над подземными полостями / Г.П. Постоев // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. - 2020. - № 4. - С. 36-47.
12. Хамидуллина Н.В. Физическое моделирование провалов земной поверхности / Н.В. Хамидуллина, М.В. Прокопова, А.Ю. Прокопов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2019. - № 2(74). - С. 124-131.
13. Методическое руководство «О порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот на ликвидируемых шахтах Восточного Донбасса». - М.: ИПКОН РАН, 2007. - 34 с.
14. НПАОТ 10.0-1.01-16 Правила безопасности в угольных шахтах. - опубл. 20.05.2016 г. с изменениями, внесенными на основании Приказа Министерства угля и энергетики Донецкой Народной Республики, Государственного Комитета горного и технического надзора Донецкой Народной Республики от 07.07.2016 г. № 63/319, от 20.06.2017 г. № 157/291. - Донецк, 2016. - 217 с.
15. Усанов С.В. Мониторинг трансформации структуры горного массива под влиянием процесса сдвижения / С.В. Усанов, В.В. Мельник, А.Л. Замятин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - Новосибирск: изд-во Сиб. отд. РАН, 2013. - №6. - С.83-89.
16. Усанов С.В. Сдвижение земной поверхности при затоплении железорудной шахты / С.В. Усанов, А.В. Усанова // Проблемы недропользования. - 2015 - № 1.- С. 55-64.
17. Дрибан В.А. Разработка системы прогноза обрушений земной поверхности над погашенными горными выработками / В.А. Дрибан, А.Н. Фефанов, И. В. Назимко // Проблеми гірського тиску: Сб. наук. праць. - Донецк, 2009. - № 17. - с.22 - 57.
18. ГСТУ 101.00159226.001 - 2003 Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом - Введ. 01.01.2004. - К., 2004. - 128 с.
19. Методические положения по решению гидрогеологических задач при разработке проекта ликвидации шахты (пособие проектировщику) РТМ 6.04.95. - Донецк: Донгипрошахт, 1995. - 17 с.

20. Филатов В.Ф. Оптимизация системы мониторинга горных выработок / В.Ф. Филатов, Б.В. Хохлов, С.В. Голдин, // Труды РАНМИ: сб. науч. тр. - Донецк, 2020. - № 10-11 (25-26). - С. 7 - 13.

REFERENCES

1. Driban V. Prediction of the earth surface drop above the old coal mine rooms/ V. Driban, V. Nazimko, A. Feofanov, I. Khalymendyk // Altbergbau - Colloquium. - Freiberg. - 04 - 06. November 2010. - P. 391-400.
2. Slavikovskaya Yu.O. Mining voids as a factor of negative environment of solid mineral mining // Mining information and analytical bulletin. - 2021. - № 2. - P. 33-44.
3. Slavikovskaya Yu. O. Man-made subsoil voids as a source of negative impact on the environment of mining enterprises // Environmental and technosphere safety of mining regions. - Transactions of the VIII International Conference. Yekaterinburg, 07. 04. 2020. Publisher: Ural State Mining University (Yekaterinburg). - P. 275-279.
4. Hamidullina N.V. Technique of design of technological parameters for the elimination of ground dips / N.V. Hamidullina // Engineering Journal of Don. - 2018. - № 4.
5. Kirkov A.Ye. Preventive detection and localization of deposit of the underworked earth surface is the basis for solving regional problems of individual cities in mining regions / A.Ye. Kirkov, V.V. Fedoseev, O.M. Kuzhim // Gold. Polymetals. XXI century: sustainable development: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Chelyabinsk: IPKON RAS, 2022. - P. 49-51.
6. Polozov Yu.A. Rectification of the consequences of manmade disaster in the area of the earth's surface sinkhole in a potash mine / Yu.A. Polozov, E.E. Bizianov, A.Yu. Lazebnik // DonSTI Scientific Works Collection. - 2021. - № 23(66). - P. 5-12.
7. Khokhlov B.V. Methodology for constructing and surveying zones that are dangerous due to dips / B.V. Khokhlov, V.A. Driban, S.V. Goldin, A.M. Terletsy, M.D. Rozhko // Transactions of RANIMI: collection of scientific works. - Donetsk, 2019. - № 7 (22). - P. 142-157.
8. Gavrilenko Yu.N. Basic principles of modeling displacements and deformations of the earth's surface by the finite element method / Yu.N. Gavrilenko, A.G. Petrushin // Scientific works of DonNTU. Mining and geological series. Release 62. - Donetsk, 2003. P. 100-114.
9. Spitsyn A.A. Scientific-and-methodical framework for identification of weakened zones on ground surface above ore deposits / A.A. Spitsyn, N.B. Imansakipova, A.V. Chernov, B. I. Kidirbaev // Gornyi Zhurnal. - 2019. - № 9. - P. 63-66.
10. Mhlongo S., Dacosta F., Kadyamatimba A. Development and use of hazard ranking system for abandoned mine entries. A case study of the mine shafts in Giyani and Musina areas of South Africa // Cogent Engineering. 2018. Vol. 5. № 1. P. 200-232.
11. Postoev G.P. Models of formation mechanism and parameters calculation for surface sinkholes over underground cavities / G.P. Postoev // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. - 2020. - № 4. - P. 36-47.
12. Hamidullina N.V. Physical modeling of failures of the ground surface / N.V. Hamidullina, M.V. Prokopova, A.Yu. Prokopov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. - 2019/ - № 2(74). - P. 124-131.
13. Methodological guidance «On the procedure for identifying collapse-hazardous zones and choosing a set of technical measures to identify and eliminate voids in the liquidated mines of the Eastern Donbass». - M. IPKON RAS, 2007. - 34 p.
14. NLALP 10.0-1.01-16 Safety rules in coal mines. - publ. 20.05.2016 with changes made on the basis of the Order of the Ministry of Coal and Energy of the Donetsk People's Republic, State Committee for Mining and Technical Supervision of the Donetsk People's Republic dated 07.07.2016 № 63/319, 20.06.2017 № 157/291. - Donetsk, 2016. - 217 p.
15. Usanov S.V. Monitoring of the transformation of the rock mass structure under the influence of the displacement process / S.V. Usanov, V.V. Melnik, A.L. Zamyatin // Physical and technical problems of mining. - Novosibirsk: pub. Sib. Dep. of RAS, 2013. - № 6. - P. 83-89.
16. Usanov S.V. The displacement of the earth's surface during the flooding of an iron ore mine / S.V. Usanov, A.V. Usanova // Subsoil use problems. - 2015 - № 1. - P. 55-64.
17. Driban V.A. Development of a system for predicting the collapse of the earth's surface over extinguished mine workings / V.A. Driban, A.N. Feofanov, I.V. Nazimko // Rock pressure problems: collection of scientific works. - Donetsk, 2009. - № 17. - P. 22-57.
18. SSU 101.00159226.001 - 2003 Rules for undermining buildings, structures and natural objects in the course of underground coal mining - Intr. 01.01.2004. - K. 2004. - 128 p.
19. Methodological provisions for solving hydrogeological problems in the development of a mine liquidation project (designer's guide) GTM 6.04.95. - Donetsk: Dongiproshakht, 1995. - 17 p.
20. Filatov V.F. Optimization of the mining monitoring system / V. F. Filatov, B.V. Khokhlov, S.V. Goldin // Transactions of RANIMI: collection of scientific works. - Donetsk, 2020. - № 10-11 (25-26). - P. 7-13.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Дрибан Виктор Александрович:
доктор технических наук,
старший научный сотрудник,
заместитель директора по научной работе,
Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (РАНМИ),
г. Донецк, ДНР, Россия,
e-mail: viktor-driban@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Driban Victor Aleksandrovich:
doctor of engineering sciences,
Senior Researcher,
Deputy Director for Science,
Scopus Author ID 55963516100,
Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying (RANIMI),
Donetsk, DPR, Russia,
e-mail: viktor-driban@yandex.ru



Хохлов Борис Валентинович:
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
заведующий отделом горного давления,
Республиканский академический научно-
исследовательский и проектно-конструкторский
институт горной геологии, геомеханики, геофизики
и маркшейдерского дела (РАНИМИ),
г. Донецк, ДНР, Россия,
e-mail: hbv@bk.ru

Khokhlov Boris Valentinovich:
candidate of engineering sciences,
Senior Researcher,
Head of Rock Pressure Department,
Republican Academic Research and Design Institute of
Mining Geology, Geomechanics. Geophysics and Mine
Surveying (RANIMI),
Donetsk, DPR, Russia,
e-mail: hbv@bk.ru



Хламов Дмитрий Михайлович:
старший научный сотрудник
отдел горного давления,
Республиканский академический научно-
исследовательский и проектно-конструкторский
институт горной геологии, геомеханики, геофизики
и маркшейдерского дела (РАНИМИ),
г. Донецк, ДНР, Россия,
e-mail: hlamov_d@mail.ru

Khlamov Dmitry Mikhailovich:
Senior Researcher,
the Rock Pressure Department,
Republican Academic Research and Design Institute of
Mining Geology, Geomechanics. Geophysics and Mine
Surveying (RANIMI),
Donetsk, DPR, Russia,
e-mail: hlamov_d@mail.ru



Антипенко Антон Викторович:
ведущий инженер,
отдела горного давления,
Республиканский академический научно-
исследовательский и проектно-конструкторский
институт горной геологии, геомеханики, геофизики
и маркшейдерского дела (РАНИМИ),
г. Донецк, ДНР, Россия,
e-mail: ministrxp@mail.ru

Antypenko Anton Viktorovich :
Lead Engineer of Rock Pressure Department,
Republican Academic Research and Design Institute of
Mining Geology, Geomechanics. Geophysics and Mine
Surveying (RANIMI),
Donetsk, DPR, Russia,
e-mail: ministrxp@mail.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет Инженерная академия специальность Геология

Целью обучения является подготовка квалифицированных специалистов в области геологии, способных разрабатывать инновационные методы решения производственных задач в области поиска и разведки месторождений нефти, газа и твердых полезных ископаемых.

Во время обучения студенты получают знания, формируют навыки и умения в области анализа современного состояния и актуальных проблем геологической науки, поиска и изучения геологической, геофизической, геохимической информации и космических снимков, применения методов комплексных геолого-геофизических исследований, создания трехмерных геологических моделей, приобретают опыт самостоятельной научно-исследовательской, прикладной и педагогической работы.

Задачи обучения направлены на привитие навыков ориентирования в аналоговых и цифровых геологических данных, формирование представлений о назначении инновационных методов геолого-геофизических исследований и обработки информации, развитие навыков применения инновационных методов прогноза месторождений полезных ископаемых и ориентирования в специализированных программах при эффективном использовании их возможностей.

Контакты : 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. Приемная комиссия (Граждане РФ) +7 (495) 433-95-88, +7 (495) 787-38-27 доп.: 1214. E-mail: priem@rudn.ru. КОНТАКТ-ЦЕНТР: +7 (499) 936-87-87. E-mail: information@rudn.ru



WWW.N-GN.RU