

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Жабко Андрея Викторовича
на диссертацию **Щеголькова Юрия Сергеевича**
на тему "**ОБОСНОВАНИЕ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ ПЛАСТОВ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ РУД
(НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ)**",
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная
аэрогазодинамика и горная теплофизика

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Разработка соляных и солесодержащих месторождений в неблагоприятных гидрогеологических условиях, имеет целый ряд особенностей, связанных с геомеханическим обеспечением. Речь, прежде всего, идет о предотвращении проникновения пресных вод напорных водоносных горизонтов к растворимым породам и в горные выработки, которые практически неизбежно приведут к техногенной аварии, последствиями которой является затопление горных выработок с потерей полезных ископаемых, капитальных вложений и развивающийся во времени процесс сдвижения горных пород, приводящий к подработке больших территорий, включая городскую застройку и другую инфраструктуру, влекущие колоссальные социальные и экономические последствия. Так или иначе, разрушение водозащитной толщи и подработка территорий связаны с развитием в подрабатываемом массиве процесса сдвижения горных пород, который достоверно прогнозируется посредством установления параметров сдвижения. Таким образом, установление параметров процесса сдвижения горных пород, при разработке соляных месторождений, является актуальной научно-технической задачей, а выбранная тема диссертации также является актуальной и своевременной.

2. Научная новизна диссертации

2.1. Установлено, что углы полных сдвижений в условиях однородности строения геомеханической системы не склонны к значительным изменениям во времени и зависят, главным образом, от скорости оседания подрабатываемого массива горных пород в начальный период времени.

2.2. Предложены к использованию критериальные значения деформационных показателей по результатам инструментальных наблюдений для определения угловых параметров процесса сдвижения.

2.3. Уточнен коэффициент, характеризующий условие полной подработки земной поверхности.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные результаты диссертационной работы отражены в трех научных положениях, выносимых на защиту.

Первое научное положение: *Математическая модель для определения граничного угла, адекватно описывающая его пространственно-временное изменение в зависимости от отношения достигнутого/прогнозного оседания над центром граничной выемочной зоны к максимальному расчетному оседанию над ней.*

Для обоснования данного научного положения в четвертой главе, используя результаты инструментальных наблюдений по 17 профильным линиям, определены величины граничных углов на различные даты инструментальных наблюдений. Кроме того, определялись показатели степени нагружения, которые в дальнейших расчетах не учитывались по причине небольшой значимости фактора и расчетные показатели суммарных деформаций. Далее осуществлялась статистическая обработка данных и посредством регрессионно-корреляционного анализа получена эмпирическая зависимость и оценена степень тесноты связи рассматриваемых показателей (граничного угла и отношения текущих оседаний к максимальным).

Второе научное положение: *Методы определения углов полных сдвижений и максимального оседания, позволяющие получить их значения на основе величины наибольшей степени нагружения междукламерных целиков среди отработанных пластов на участке полной подработки земной поверхности и учета наличия локального увеличения интенсивности развития процесса сдвижения в границах участка неполной подработки земной поверхности.*

Для обоснования второго научного положения в четвертой главе осуществлена статистическая обработка данных инструментальных наблюдений и получена эмпирическая зависимость для определения угла полных сдвижений в зависимости от степени нагружения целиков с достаточно высоким корреляционным отношением, то есть выявлена тесная корреляционная связь между упомянутыми параметрами. Подобный статистический анализ для углов максимального оседания не позволил выявить подобной связи и получить однозначные результаты. Тем не менее, в диссертации рекомендовано ограничиться некоторым средним его значением.

Третье научное положение: *Зависимости для определения угла сдвижения, позволяющие получить его адекватные значения на заданный момент времени для условий полной и неполной подработок земной поверхности на основе учета простых параметров, таких как глубина подошвы нижнего пласта, величина граничного угла, фактическое/прогнозное максимальное оседание в полумульде сдвижения, мощность наносов и ширина выработанного пространства.*

Третье научное положение раскрывается в четвертой главе диссертации и основывается на выдвинутой модели деформирования подработанной толщи в

виде заземленной по краям балки. В полученные таким образом зависимости для величин оседаний и горизонтальных сдвижений, посредством сопоставления с инструментальными наблюдениями, вводятся эмпирические поправочные коэффициенты. Используя уточненные эмпирические зависимости и типовые функции сдвижения, уточняются углы сдвижения на основе известных деформационных критериев (критические деформации).

Основные утверждения научных положений, выводов и рекомендаций базируются на основе статистического анализа инструментальных маркшейдерских наблюдений, степень обоснованности и достоверности достаточны в рамках используемых методов исследования.

4. Научные результаты, их ценность

Основными научными результатами, полученными при проведении исследований, являются:

4.1. Получена эмпирическая зависимость, позволяющая определять значение граничного угла в зависимости от отношения текущих оседаний к максимальным.

4.2. Доказано, что углы полных сдвижений в условиях ВКМКС и однородного строения толщи постоянны во времени. Получена эмпирическая зависимость, определяющая тесную корреляционную связь между углом полных сдвижений и степенью нагружения целиков.

4.3. Уточнен коэффициент, характеризующий условие полной подработки, в зависимости от степени нагружения оставляемых междукammerных целиков.

4.4. Предложена эмпирическая зависимость, позволяющая выполнить расчёт углов сдвижения на заданный момент времени в условиях полной подработки земной поверхности.

Научные результаты исследований представляют достаточную ценность для использования при исследованиях процесса сдвижения для условий ВКМКС и подобных по горно-геологическим особенностям месторождениях.

5. Реализация и оценка практической значимости результатов диссертации

Практическая значимость полученных результатов заключается в уточнении посредством выполненных инструментальных маркшейдерских наблюдений и статистической обработки данных, некоторых основных параметров процесса сдвижения горных пород для условий ВКМКС и установления влияния на их значения наиболее значимых факторов.

В перспективе, отдельные результаты проведенных диссертационных исследований, рекомендуется реализовать при составлении уточненных “Указаний по защите рудников от затопления ВКМКС”.

6. Завершенность диссертации, соответствие паспорту заявленной специальности, содержание автореферата и публикаций

Работа изложена достаточно грамотным научным языком, хотя встречаются неточности в отдельных формулировках, основные выводы и результаты носят завершённый характер, правильно раскрывают теоретическое значение научных положений диссертации и естественно вытекают из её содержания.

Полученные в диссертации результаты в общем соответствуют поставленным целям и задачам. Структура диссертации и автореферата имеют логическую последовательность, ясность и полноту изложения. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Содержание диссертации в полной мере соответствует п. 2 направлений исследований паспорта специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Все защищаемые научные положения и поясняющие их промежуточные результаты опубликованы в 10 научных работах, 8 из которых входят в перечень ВАК.

7. Замечания и вопросы по работе

7.1. Зависимость 4.3 диссертации (1 научное положение), определяющая граничный угол имеет достаточно невысокое корреляционное отношение, порядка 0,7, причиной которого являются достаточные отклонения на, как выражается автор, малозначимом интервале значений аргумента $\eta(t_i)/\eta_m < 0,1$. В таком случае встает вопрос, почему не произведена обработка данных и уточнение зависимости отдельно для интервала значений $\eta(t_i)/\eta_m > 0,1$ для повышения надежности прогнозирования параметра для “наиболее значимого” интервала.

7.2. К используемой в п. 4.3.2 диссертации (в т.ч. 3 научное положение) модели подрабатываемого горного массива имеется ряд вопросов и замечаний:

1. Процесс сдвижения представляет собой совокупность деформаций массива, происходящих с разрывом сплошности (потеря устойчивости, не обязательно сопровождающаяся вывалами), и относительно малых деформаций подобно деформациям сплошной среды. Подработанный массив имеет ряд характерных областей и зон на земной поверхности, размеры и положение которых зависят от множества факторов: степень устойчивости массива, зависящая, в основном, от прочностных характеристик структурных блоков (угла трения) и ориентировки трещиноватости, способа управления напряженно-деформированным состоянием (НДС), глубины, размеров, формы выработок и др. Достаточно просто убедиться в том, что даже для относительно малопрочных солевмещающих пород ВКМКС, условие прочности структурного блока (образца) в подработанной толще будет выполняться в каждой ее точке, что указывает на важнейшую роль естественной трещиноватости при развитии процесса сдвижения, несмотря на ярко выраженные реологические свойства рассматриваемых пород. Поэтому на практике, для соответствия расчетных деформаций, полученных методами механики сплошной среды, и результатов натурных наблюдений

используются понижающие коэффициенты (коэффициент структурного ослабления и т.д.). При целиковых системах или системах с закладкой, области потери устойчивости (разрыв сплошности массива) не получают такого развития как при системах с обрушением и не прорастают безгранично к земной поверхности с увеличением степени подработанности (локализуются в окрестности выработанного пространства), то есть имеют предел распространения в зависимости от жесткости (податливости) и размеров целиков, применяемого типа закладки и т.д. Для условий ВКМКС принципиально важно, чтобы области потери устойчивости, отождествляемые с зонами водопроводящих трещин (ЗВТ), не достигли водоносного горизонта, то есть не прорезали водозащитную толщу (ВЗТ).

В связи с вышесказанным, отождествлять процесс сдвижения только с изгибом упругой сплошной балки не совсем корректно. В противном случае, для описания процесса сдвижения было бы достаточно воспользоваться методами механики сплошной среды, например, численное моделирование методом конечных элементов (МКЭ), то есть использование комплексных показателей (параметров процесса сдвижения), таких как углы сдвижения, полных сдвижений, разрывов и т.д., было бы бессмысленно.

2. Предположение о том, что главные напряжения в подработанном массиве (произвольной точке O) сохраняют ориентировку, а также значения максимального (вертикального) и промежуточного главных напряжений недостаточно обоснованно.

3. Модель подработанного массива в виде защемленной на концах балки и равномерно распределенной нагрузки сверху, принятая в качестве расчетной схемы, не учитывает подпора массива целиками и (или) нижерасположенным массивом в случае произвольно рассматриваемого слоя. В этой же связи, появление значительных растягивающих напряжений, соизмеримых с прочностью пород на растяжение в подработанном массиве, при оставленных целиках, нуждается в более строгом обосновании.

4. Использование модели в виде балки не учитывает степени подработанности в перпендикулярном направлении, кроме того, длина рассматриваемого слоя, должна быть значительно больше ее высоты (мощности, высоты балки). В противном случае, формулы 4.18 диссертации будут приводить к существенным погрешностям.

5. Не рассмотрено влияние на эмпирические поправки, помимо величины максимально возможного оседания, других потенциально влияющих факторов.

6. Значения эмпирических поправок получены сопоставлением фактических и расчетных (модельных) значений в единственной точке на границе подработки.

7.3. В диссертационной работе не приводятся данные о прочностных характеристиках горных пород и горно-геологических данных, заявляемых в формулировке идеи. Прочность горных пород на сжатие косвенно учитывается

параметром степени нагружения целиков, однако о достаточно значимом факторе – структурной нарушенности массива и о ее влиянии на параметры процесса сдвижения, речи в диссертации не идет.

7.4. В тексте диссертации, в частности на стр. 99, в качестве оценки погрешности, используется относительная ошибка угла полных сдвижений (погрешности других угловых параметров также выражаются по тексту диссертации в относительных величинах), выраженная в процентах, что для угловых величин является не вполне корректным и информативным. В этом случае, относительная погрешность будет зависеть от направления относительно которого отсчитываются углы сдвижения, полных сдвижений и т.д. Поэтому относительная погрешность определения угловых параметров может принимать любые значения, в том числе, достаточно существенные.

В рассматриваемом контексте диссертации, угол полных сдвижений (граничные углы и т.д.) определяет размеры полумульд, поэтому целесообразнее было бы оценить относительную погрешность определения длины полумульды, вызванную погрешностью определения каждым из углов.

7.5. В диссертационной работе рассмотрен не полный перечень методов и подходов по обоснованию границ областей и угловых параметров процесса сдвижения, в том числе, с учетом оставления целиков и закладки выработанного пространства.

7.6. В формулировке цели исследований и др. утверждается, что установлены аналитические зависимости, определяющие угловые параметры процесса сдвижения от значимых влияющих факторов. Однако, фактически все полученные в диссертационной работе зависимости являются эмпирическими, так как, либо получены на основе регрессионно-корреляционного анализа, либо в них входят эмпирические коэффициенты.

Отмеченные замечания к диссертации, в целом, не снижают ценности полученных научных результатов и, в большей степени, направлены на совершенствование будущих научных достижений ее автора.

8. Заключение

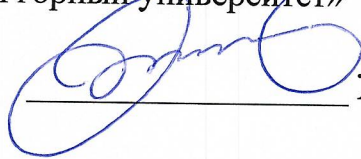
Диссертация **Щеголькова Юрия Сергеевича** является научно-квалификационной работой, в которой на основе статистической обработки данных инструментальных маркшейдерских наблюдений и их обобщения, предложены новые научно обоснованные технические решения по геомеханическому определению основных угловых параметров процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при разработке свиты пластов калийно-магниевого руд в условиях ВКМКС, имеющие существенное значение для обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах и рационального использования недр в горнодобывающей отрасли РФ.

Работа соответствует требованиям пункта 9 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (ред. от 16.10.2024, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025), предъявляемых к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации – Щегольков Юрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент, доктор технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, доцент, заведующий кафедрой маркшейдерского дела Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет»

"04" сентября 2026



Жабко Андрей Викторович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Почтовый адрес: 620144, Уральский федеральный округ, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30.

Официальный сайт в сети Интернет: <http://www.ursmu.ru>

Эл.почта: office@ursmu.ru. Телефон: (343)257-25-47/ 251-48-38.

Я, Жабко Андрей Викторович, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Щеголькова Ю.С., исходя из требований нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет на сайте ГИ УрО РАН, на сайте ВАК в единой информационной системе.

"04" сентября 2026 г.



Жабко А. В.

Личную подпись Жабко Андрея Викторовича заверяю



04.09 2026



Т.Б. САБИРОВ

